

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA

**Optimización y estrategia computacional de los parámetros gravitantes en
la electrodeposición del zinc**

TESIS

para optar el título profesional de Ingeniero Químico

AUTOR

Daniel Florencio Lovera Dávila

Lima – Perú
1984

Tabla de contenido

CAPÍTULO 1

Introducción y resumen

CAPÍTULO 2

Metalurgia extractiva del zinc

CAPÍTULO 3

Hidrometalurgia del zinc

CAPÍTULO 4

Electrometalurgia del zinc

CAPÍTULO 5

Parámetros electrolíticos gravitantes

CAPÍTULO 6

Optimización y estrategia computacional

CAPÍTULO 7

Análisis de resultados y confrontación con la praxis electrolítica cajamarquilla

CAPÍTULO 8

Correlaciones empíricas fundamentales en la electrodeposición del zinc

CAPÍTULO 9

Conclusiones y recomendaciones

CAPÍTULO 10

Bibliografía y apéndice

1.0 INTRODUCCION Y RESUMEN

1.1 INTRODUCCION

La razón de ser, de la presente, es la de poner en concordancia los cálculos matemáticos electrolíticos con la estrategia Computacional actual que con todos sus portentos brillan en nuestro derredor.

De esta manera se trazarán las vías para aprender un agresivo Programa Maestro de Optimización de los parámetros gravitantes en la electrodeposición del Zinc.

No tengo en modo alguno la intención de intentar, en los marcos de este trabajo, un análisis o una crítica aunque sea sumaria, de los principios de la electroquímica.

Para realizar una u otra, nos bastaría un volumen entero y por otra parte, una y otra han sido realizadas por connotados investigadores. Quisiera sólo insistir sobre algunos puntos particulares, precisamente sobre aquellos que me parecen interesantes, en relación al tema que tratamos.

1.2. RESUMEN

Un extracto del presente Título, es más que nada hacer un seguimiento del Zinc, desde su Extracción metalífera, hasta su lanzamiento en Moldes al Mercado, pero incidiendo con mayor énfasis, en lo que se refiere al proceso electrolítico del Zinc, que tiene su marco -- operacional, en la Moderna Refinería de Cajamarquilla.

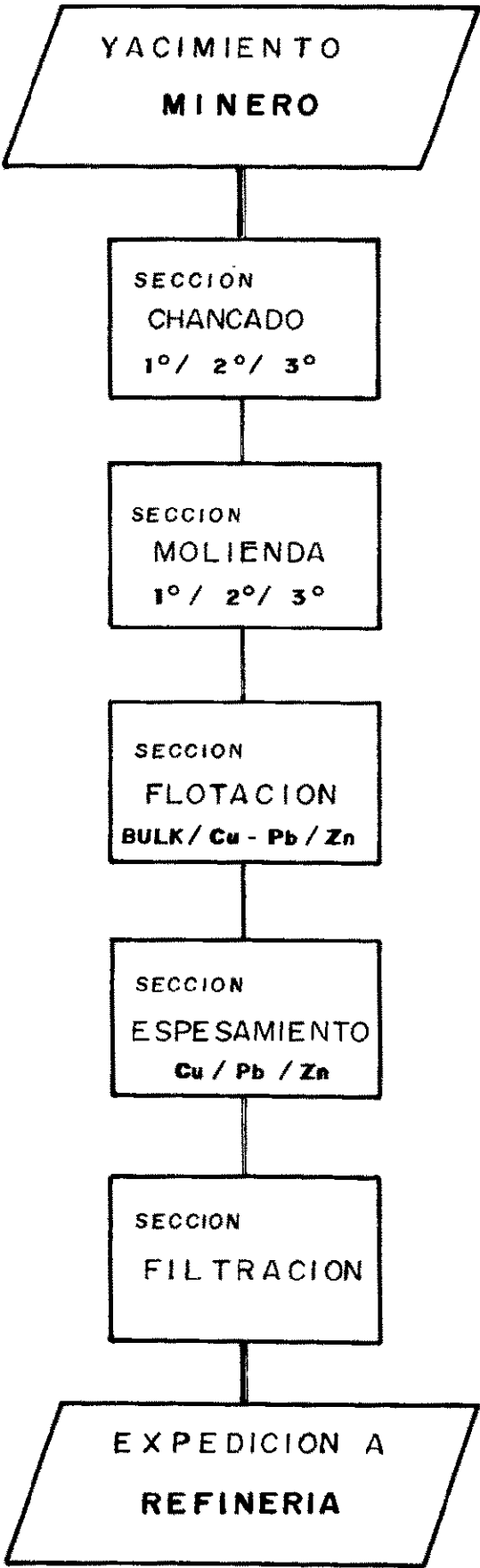
Dicho énfasis se basa en una auscultación profunda de los parámetros gravitantes que describen el proceso en sí, para ello se apela a las funciones de transferencia de predicción histórica (47) , a las correlaciones empíricas (371), de las cuales son correlaciones óptimas(30) diagramas de flujo (23) , gráficos (56) , listados computacionales (22) y las novedosas sábanas Electrolíticas (5).

En todos los cálculos se apela a los alcances computacionales ora sea el computador digital PDP-11IVO 3 SYSTEM, ora el POCKET COMPUTER SHARP, Modelo PC-1211, ora sea el CASIO FX-2 OLP, constituyéndose -- un aparte significativo en lo que respecta al proceso electrolítico ; De tal manera se cierra una brecha en la bibliografía existente.

Es destacable hacer mención el Plan Maestro de optimización computarizado de los parámetros gravitantes en la Electrodeposición del Zinc, pues servirá para un control exhaustivo de todo el acontecer electrolítico de Casa de Celdas.

Se ha tratado de describir dichos parámetros en forma individual para ver su evolución en el proceso electrolítico, su posible control a través de las correlaciones óptimas y como también el uso de gráficos peculiares para cada parámetro, constituyendo este trabajo en una excelente auscultación del proceso electrolítico y piedra angular para futuros trabajos de diseño de planta con Tecnología Nacional. Su alcance es valioso, pues de esta manera Minero Perú, podrá lanzar agresivos programas de optimización de sus parámetros operativos, trabajando acorde con la era computacional que ya empieza a despuntar en el horizonte tecnológico y a la vez con una captación cuantiosa de ahorros de divisas que engrosarán sus arcas para hacerla una empresa solvente.

DIAGRAMA DE FLUJO EXTRACTIVO



2.0 METALURGIA EXTRACTIVA DEL ZINC

La obtención del Zinc tiene su génesis en las operaciones de minado de los yacimientos metalíferos, en donde se extrae ya sea por explotación subterránea o por tajo abierto, la mineralización por lo general se presentan en vetas con minerales tales como : galena, esfalerita, tetraedrita, tenantita, chalcopirita y pirita.

El mineral proveniente de la mina es descargado mediante carros metaleros en las tolvas de alimentación iniciándose por tanto la concentración de los minerales.

La ruta operacional es la clásica en lo que a concentración se refiere, pudiéndose sintetizar de la siguiente forma :

- I SECCION CHANCADO.- Primario / Secundario / Terciario.
- II SECCION MOLIENDA .- Primario / Secundario / Terciario.
- III SECCION FLOTACION .- Circuito Bulk / Circuito Cobre-plomo / Circuito Zinc.
- IV SECCION DE FILTRACION
- V EXPEDICION DE REFINERIA

La producción mensual del Asiento Minero Casapalca es de 60,000 Toneladas Cortas Estándar (TCS), con leyes promedio de 0.3 % de Cobre, 1.9 % de Plomo, 3.0 % de Zinc y 5.5 % onzas de plata.

Como nuestro expreso objetivo es hacer un seguimiento del Zinc, - desde su extracción conjunta con otros minerales, podemos decir - que con 3% entra al tratamiento Hidrometalúrgico que tiene su despliegue en la Planta de Refinación Electrolítica de Cajamarquilla-

pues dicho sea de paso, se tratan concentrados de Morococha, Casapalca, Paragsha ; entre otros.

Las funciones de transferencia de predicción Histórica que se generan en la Praxis Casapalca Centromín, en cuanto a la ley del - - Zinc con el tiempo son las siguientes :

$$\% \text{ Zn} = 6.1099 - 0.14389 \ t$$

$$\% \text{ Zn} = 0.5077 + \frac{0.7842}{t}$$

donde : t = tiempo expresado en años.

También se presenta una correlación empírica que estima la producción conocida la ley del Zinc, y aparte de ello nos esquematiza la evolución de la producción que en este caso a medida que sube la Ley del Zinc, la producción también se reduce significativamente, y a medida que la Ley del Zinc se reduce, aumenta considerablemente la producción.

$$W = 103026.1796 + \frac{1793253.216}{\% \text{ Zn}}$$

donde :

W = Producción de Concentrados en Toneladas Métricas (TM)

3.0 HIDROMETALURGIA DEL ZINC

El proceso Hidrometalúrgico, tiene su punto de partida con el procesamiento de los concentrados que se le da en la Sección 10 (Recepción de concentrados), viniendo estos ya acondicionados a una malla determinada (200), secuentemente se procede a una operación de mezclado de los diversos concentrados con una pala mecánica, - con el objeto de hallar una ley promedio que satisfaga los requerimientos del Reactor Lurgui.

A continuación cito un Reporte de análisis de concentrados de la sección 20 :

% H ₂ O	% Zn	% Cd	% Cu	% Pb	Oz/TC Ag
8.20	3.00	0.19	0.61	1.64	4.25

$$\frac{S / S^{-2} \%}{25}$$

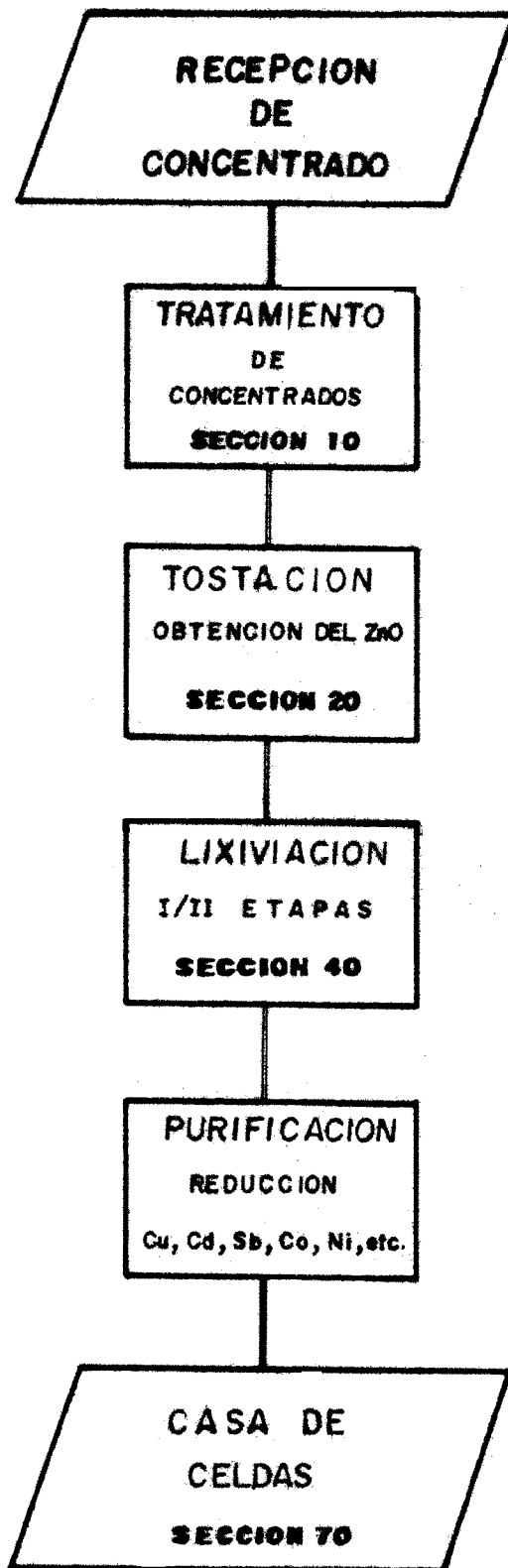
FUENTE :

Jefatura de Electrodeposición Fusión y Moldeo Caja-marquilla 1,982 - Minero Perú.

3.1 TOSTACION .-

Se denomina así a la oxidación de los concentrados sulfurados de Zinc por acción del aire insuflado, el cual al tomar contacto con el concentrado, acciona desprendiendo calor (Exotérmica), dicha energía es empleada para la producción de vapor en las Plantas Auxiliares, formándose estequiométricamente el ZnO (óxido de Zinc), y el SO₂ - (dióxido de azufre), que se le deriva hacia la Planta de ácido sulfúrico (H₂ SO₄) de 98-99 % de pureza.

DIAGRAMA DE FLUJO DE LA HIDROMETALURGIA DEL ZINC METALICO



Aconteciéndole al ZnO después de molido, para luego lixiviarlo con una solución diluida en ácido sulfúrico (Spent) - que es reciclada de Casa de Celdas.

El objetivo básico que se persigue con la tostación, es pues hacer soluble los concentrados, transformando los sulfuros en óxidos de Zinc, ya que este último a diferencia del primero es fácilmente soluble al ácido sulfúrico.



El tostador Lurgui opera bajo parámetros definidos y se comporta como un tostador de cámara turbulenta, en el que se alimenta el concentrado en forma de polvo, sin previo acondicionamiento (pelletización), mientras se inyecta oxígeno - (aire), desde una cámara distribuidora, produciéndose la tos tación por el fenómeno de fluidización, es decir que el mineral se comporta como un fluido al inyectarse al aire; produciéndose una mejor oxidación debido al contacto sólido - aire.

El análisis de la calcina que se logra, muestra una composición promedio :

	% H ₂ O	% Cd	% Cu	% Pb	Ag.Oz/TC	S / S - %
Calcina Secc.20		0.23	0.69	1.88	4.9	0.34
Calcina A						0.32
Calcina B						0.38
Calcina C						0.36

FUENTE :

Jefatura de Electrodeposición Fusión y Moldeo -
Cajamarquilla 1,982 - MINERO - PERU.

Siendo la eficiencia promedio de tostación :

$$\frac{A/Zn}{T/Zn} = 85 \% - 95 \%$$

El parámetro gravitante para la tostación es sin lugar a dudas la temperatura (960 ° C), de ser extremadamente alta causará perturbaciones en el proceso con la formación de la ferrita de Zinc ($ZnO \cdot Fe_2 O_3$) , insoluble en solución diluida de ácido sulfúrico.

3.2 LIXIVIACION .-

Es una operación de extracción de Zinc- que consiste en disolver el ZnO y $ZnSO_4$ contenido en la calcina, mediante solución diluida de $H_2 SO_4$ que es el - electrolito gastado (Spent) proveniente de la Casa de Cel - das. A pesar de ser aparentemente un proceso simple en - sí, él se complica por la disolución simultánea de elemen - tos y compuestos indeseables, por cuanto tienen un efecto adverso en la electrodeposición y recuperación del Zinc. - La lixiviación será llevada por lo tanto de manera tal que minimice el total de impurezas presentes en la solución li - xiviada, eliminando las impurezas por neutralización de - la solución de sulfato de Zinc, con excepto de calcina.

Mediante este método se elimina el fierro, por oxidación del $Fe (+2)$ a $Fe (+3)$, por acción del MnO_2 (bióxido- de Manganeso, proveniente de los lodos anódicos), preci - pitando luego el fierro como $Fe (OH)_3$ por efecto del ex - ceso de calcina.

La Lixiviación por consideraciones operativas de diseño - se lleva a cabo en dos etapas :

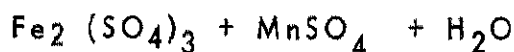
I ETAPA ; conocida como Lixiviación Ácida.

II ETAPA ; conocida como Lixiviación Neutra.

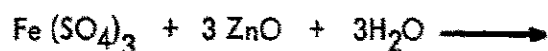
I ETAPA .- En los tanques de lixiviación conteniendo el-electrolito gastado (196 g/l. de H_2SO_4 y 74.8 g/l. de Zn aproximadamente), se adiciona la calcina produciéndose la siguiente reacción química :



Los demás óxidos presentes en la calcina son también disueltos por el H_2SO_4 , impurificando la solución; el hierro presente se elimina por oxidación con MnO_2 para luego precipitarlo como $Fe(OH)_3$. La disolución del hierro sólo es posible en medio ácido, de allí que se lleve simultáneamente con la siguiente reacción química :



II ETAPA.- Se añade un exceso de calcina para neutralizar la acidez libre al final de la I Etapa de lixiviación y a la vez eliminar el $Fe(+3)$ precipitándole como $Fe(OH)_3$, es decir :



La precipitación del hierro empieza a un PH de 2.6 y continúa hasta alcanzar un PH de 5.6 como máximo, en que se precipita todo el hierro presente. Esta reacción es muy importante por que el Arsénico y el antimonio son removi-

dos conjuntamente con el fierro por coprecipitación y formación de sales básicas.

La temperatura de la pulpa de lixiviación es de 50°C - 60°C debido a la reacción exotérmica entre el ZnO y el H_2SO_4 conjugandose el calor de solución o hidratación.

La solución impura que se obtiene de la lixiviación es bombeado a posteriori a la Sección de Purificación ; por lo general un análisis típico oscila entre la siguiente composición :

<u>C1</u>	<u>Cu</u>	<u>Pb</u>	<u>Mn</u> ^(mg/l)	<u>Zn</u>	<u>Cd</u>	<u>Fe</u>	<u>Sb.</u>
0.12	120	33.	1.50	124	222	5.00	0.40

El análisis del residuo de lixiviación, muestra los siguientes resultados analíticos :

<u>% Cu</u>	<u>% Pb</u>	<u>% Zn</u>	<u>% Cd</u>	<u>% Fe</u>	<u>Ag (Ozn/T)</u>
1.15	6.10	26.00	0.14	30.4	12.20

FUENTE :

Jefatura de Electrodeposición Fusión y Moldeo,
Cajamarquilla 1,982 - MINERO-PERU.

La extracción de Lixiviación = 82.5 % - 92.5%

.3 PURIFICACION .-

La solución impura de ZnSO_4 , contienen impurezas tales como el Cu, Cd, As, Sb, Co, Ni, etc.; - que si no se reducen a límites tolerables podrían reducir ampliamente la eficiencia de la corriente, en el fenómeno de la electrodeposición, además de impurificar el depósito catódico de Zinc, pues por ello es vital el proceso de purifica

ción de la solución impura eliminando totalmente o reduciendo a rangos no significativos dichas impurezas, mediante la adición de polvo de Zinc (proveniente de la sección 83).

Las reacciones químicas son de reducción electrolítica de los metales que se encuentran por debajo del Zinc en la serie de potenciales electrométricos, y que por lo mismo son reemplazados de sus compuestos por el Zinc ; Tal es el caso del Cobre y del Cadmio :



La purificación se lleva a cabo en tanques especialmente acondicionados, con protección antiácida, donde se encuentra el ZnSO_4 impuro, agregándose el polvo de Zinc en forma de una pulpa acuosa ; se da por terminada la purificación cuando la concentración del Cd es menor o igual a 0.5 mg/l., la solución es el ZnSO_4 puro, listo para la electrólisis y el residuo de lodos es llevado a la planta de Cadmio para la recuperación del Cadmio contenido en el residuo , - cuya composición oscila entre estos resultados analíticos :

<u>Zn %</u>	<u>Cd %</u>	<u>Cu %</u>	<u>Fe %</u>	<u>As %</u>
44.00	5.90	4.00	2.41	0.12

Mientras que el análisis de la solución purificada es :

(mg/l.)

<u>Cd.</u>	<u>Co.</u>	<u>Cu</u>	<u>Ni</u>	<u>Fe</u>	<u>Sb</u>	<u>Pb</u>	<u>Zn(g/l)</u>	-
0.1	0.18	0.10	1.0	11.5	0.04	3.00	180	

<u>Fe⁺²(g/l)</u>	<u>Mn (g/l)</u>	<u>H₂ SO₄(g/l)</u>	<u>pH</u>
0.001	11.60	NIL	3.40

4.0 ELECTROMETALURGIA DEL ZINC .-

La solución pura que viene de purificación , arrastra iones Zn^{+2} , $SO_4^{=}$, H^+ y OH^- , es sometida a la electrólisis mediante la aplicación de corriente continua transformada y rectificadora al circuito constituido por cátodos de aluminio y ánodos de plomo insolubles - aleados con 1% de plata para darles mayor consistencia , transmitiéndose la corriente eléctrica mediante el electrolito (solución de $ZnSO_4$ y H_2SO_4) depositándose el Zinc en el cátodo y regenerándose el H_2SO_4 en el ánodo con desprendimiento de oxígeno al medio ambiente.

La reacción química que gobierna este proceso electrolítico es :



La electrodeposición del Zinc, tiene lugar en la Casa de Celdas - División 70, estando constituida por 8 filas, cada una de las cuales tiene 29 celdas o cubas electrolíticas y a la vez en cada celda 48 cátodos y 49 ánodos ; El electrolito es alimentado por gravedad, pues desciende del tercer nivel específicamente de los canales Rojos I y II circuitos, en donde se les ha adicionado convenientemente los reactivos de adición, el electrolito es alimentado individualmente a cada celda, a una temperatura de entrada a circuito de 27°C y de salida de 34°C, depositándose sólo aproximadamente el 75 % del Zinc contenido en la solución, el 25 % restante de Zinc, junto con el ácido regenerado, abandona las celdas constituyendo el electrolito agotado (Spent) que se va a almacenar al tanque de electrolito agotado (073-G y 074-G), para luego bombearla a la sección 40 según los pedidos que se soliciten para la lixiviación de la Calcina. El Zinc depositado en el cátodo durante un período de deposición de 48 horas para luego ser cosechado (stripping) a una razón de 54 Kg. por celda - de láminas de Zinc.

Luego este Zinc deslaminado es llevado con montacargas a una cancha de cátodos para luego transferirlo al Horno de Inducción DEMAG, usando un escorificador apropiado (NH_4Cl) y a posteriori moldeado en barras.

Los elementos y condiciones que hacen factible la electrodeposición del Zinc de la solución ZnSO_4 , son a saber :

- 1.- Celda Electrolítica
- 2.- Circulación y refrigeración de Electrolito
- 3.- Recubrimiento de Celdas
- 4.- Aislador de Celdas
- 5.- Anodos
- 6.- Cátodos
- 7.- Torres de Refrigeración
- 8.- Distribución Eléctrica
- 9.- Disposición de Celdas y Electrodo
- 10.- Densidad de corriente
- 11.- Voltaje
- 12.- Grúas viajeras
- 13.- Tanques de almacenamiento
- 14.- Tranforectificadores
- 15.- Máquinas deslaminadoras.
- 16.- Agentes de adición
- 17.- El Electrolito
- 18.- Los paneles de control de parámetros
- 19.- Bombas de succión de electrolito
- 20.- Distanciadores de electrodos
- 21.- Limpieza de tuberías
- 22.- Limpieza de Celdas electrolíticas
- 23.- Máquina aplanadora de ánodos
- 24.- Planta de ánodos

Daremos una corta explicación del interesante proceso electrolítico del Zinc, en cuanto a sus elementos distintivos :

- 1.- Celda Electrolítica .- Existen 232 celdas electrolíticas. Las mismas son idénticas, excepto las barras de concreto que están provistas en las celdas en los extremos de cada fila. Las celdas tienen una longitud de 4.650m ., una anchura de 1.23m . en la parte superior y una profundidad de 2.150m . Están hechas de concreto reforzado, el espesor del cual es entre 150mm. y 200mm. , las paredes de concreto así como el suelo deben ser protegidos en el exterior y en el interior por una pintura asfáltica antiácida.
- 2.- Circulación y Refrigeración del Electrolito.- El electrolito es distribuido a las celdas mediante canales de poliéster reforzado por fibra de vidrio, así como también mediante tubería flexible. El electrolito procedente de las celdas es recogido mediante tuberías flexibles de polietileno.
- 3.- Recubrimiento de Celdas .- Un recubrimiento de policloruro de vinilo garantiza la impermeabilidad contra líquidos y aislamiento eléctrico.
- 4.- Aislador de Celdas .- Cada una de las celdas está soportada sobre la estructura del edificio mediante cuatro aisladores.
- 5.- Anodos .- En cada una de las celdas, están provistas de 49-ánodos y el total en casa de celdas en operación es de 11,368 las dimensiones de las chapas de ánodos son : 1545 x 843 x 14mm., y el peso es de 197 Kg. La chapa de ánodos es de 99.25 % de Plomo y de 0.75 % de plata. La barra de cobre de cabecera y tienen un bloque de cobre en un extremo. Piezas aislantes son distribuidas sobre la superficie de los ánodos para evitar cortos circuitos con la chapa de cátodo. Podemos

añadir también que estos ánodos son refundidos en la Planta de ánodos adyacentes a Casa de Celdas.

6.- Cátodos .- Cada celda electrolítica se compone de 48 cátodos, totalizando así 11,136. Las chapas de cátodo son - 1600x 900x 7mm. de espesor y con un peso unitario de 35 - Kg., cada cátodo consta de una chapa y una barra de cabezal todo en su conjunto, fabricados de aluminio. Un cátodo también tiene un contacto de cobre en un extremo de la barra de cabeza. Tiras de plástico son fijadas a los bordes longitudinales del cátodo para evitar la formación de puentes del depósito de Zinc. Dos ganchos de acero al carbono son fijados en la barra de cabeza para manejo por el -- pórtico elevador de la grúa.

7.- Torres de Refrigeración .- Sirven para refrigerar la solución purificada procedente de la Planta de purificación, así como para refrigerar el electrolito agotado procedente de las celdas electrolíticas. Se ha provisto de 12 torres de refrigeración ; 2 para refrigerar solución pura y 10 para electrolito agotado. Todas las torres de refrigeración son del mismo tipo y hechas de poliéster. Cada una de las torres tienen una superficie de refrigeración de aproximadamente - 32 m². La solución es alimentada individualmente a cada una de las torres de refrigeración mediante bombas centrífugas y un sistema correspondiente de tubería. El aire necesario de refrigeración es provisto individualmente por un soplante hecho de poliéster. La distribución de solución - dentro de la torre de refrigeración es provisto individual - mente por canales y un disco distribuidor de diseño especial.

8.- Distribución Eléctrica.- La distribución eléctrica en la Casa de Celdas es ejecutada con barras colectoras de aluminio y

de cobre.

- a. Barras colectoras de entrada y salida : diseñadas para 56,000 amp.
- b. Barras de interconexión entre 2 filas de celdas : para - - 56,000. amp.
- c. Barra colectoras encima de las celdas finales : para 28,000amp.
- d. Pórtico de cortocircuitos : para 28,000 amp.

9.- Disposición de las Celdas y Electrodos.- Las celdas electrolíticas se hallan dispuestas en conexión serie, mientras que los electrodos (ánodos) se conectan en paralelo, transmitiéndose la corriente hacia los cátodos que a su vez la transmiten a los ánodos de la celda siguiente y así sucesivamente, hasta barrer la última celda.

10.- Densidad de Corriente .- Matemáticamente es la intensidad de corriente por unidad de superficie catódica, dependiendo de ello - la deposición catódica del Zinc. La densidad de corriente oscila entre 378 y 420 amp/m².

11.- Voltaje .- En la práctica, el voltaje oscila entre los límites de 3.28 - 3.10, siendo el voltaje de 3.44 voltios/celda, operando en este caso al 98 % de performance. Este voltaje es proporcional a la resistencia total de las celdas ; para mantener la densidad de corriente requerida.

12.- Electrolito .- Es una solución acuosa de ZnSO₄, con una concentración de 78.9 g/l de Zinc y 186 g/l de H₂SO₄ ; y cierto margen de impurezas que no afecten o agraven el proceso electrolítico. Se debe pues controlar esta proporción entre la concentración del Zinc y la acidez (0.42) , ya que una excesiva acidez tiende a redissolver el depósito de Zinc, pero a fin de-

cuentas el parámetro mas relevante para el éxito en la electro deposición, es la pureza del electrolito.

- 13.- Agentes de Adición .- Se añaden agentes apropiados para con ferir al depósito ciertas características resaltantes como mejo-
rar su aspecto evitar la formación de arbolescencias, impurezas
indeseables y a la vez también de mejorar la densidad de co -
rriente, eficiencia, etc., estos agentes son a saber : Gelatina,
Regaliz , Silicato de Sodio y Carbonato de Estroncio, su dosi-
ficación es aproximadamente de :

Gelatina (82 g/TM)

Regaliz (36 g/TM)

Silicato de Sodio(72 g/TM) Carbonato de Estroncio(250 g/TM).

- 14.- Temperatura.- La temperatura es otro parámetro que es menes-
ter controlar, la temperatura de entrada a circuitos es de 27°
C y de salida de 34.5°C, mostrando el electrolito una tempe-
ratura de 31°C, remarcando que un incremento de temperatura
tendremos un mayor accionar de las impurezas, mientras que-
las temperaturas menores aumenta la resistencia del electrolito,
incrementando el voltaje de celda.

- 15.- Eficiencia de Corriente .- Es matemáticamente la relación del
peso real obtenido entre el peso teórico, multiplicado por 100
Siendo la experiencia en cuanto a eficiencia de la Refinería
Cajamarquilla, oscilante entre los límites de 90.5 % (Octubre
1,981) -90.88% (Enero 1,982).

- 16.- Consumo de Energía .- El consumo de energía es de 3,180 -
KWH/TM, de Zinc depositado.

- 17.- Amperaje El amperaje operativo en Casa de Celdas es de --
51,000 amperios, siendo alimentados a las celdas a través -
de 4 potentes tranforectificadores (161 y 162 y 163y 164).

- 18.- Impurezas .- Las impurezas que conlleva el electrolito circulante deben estar por debajo de márgenes permisibles pues de no ser así, obstaculizarían la electrodeposición del Zinc, el más destacable es el plomo, pues su alta concentración redundaría en la producción de cortos-circuitos, aparte también es nocivo el Cadmio pues su presencia valora la calidad de la barra de Zinc.
- 19.- Producción .- La producción diaria es cuantificada matemáticamente, multiplicando la constante electroquímica 1.22 por los KAMPH por el tiempo de cosecha por el número de celdas. Siendo alrededor de 300 TM/día y con una producción anual de 111,171 TMC/año.
- 20.- Tiempo de Cosecha .- Se efectúa cada 24 horas en el turno B (3.30 - 11.30pm.) pero el tiempo de deposición es de 48 horas para 51,000 amperios, contados a partir del deslaminado anterior.

4.1 FUSION Y MOLDEO .-

Los cátodos de Zinc pasan a la planta de fusión y colada de Zinc el cual es obtenido en forma de placas deshojadas de cátodos y es fundido en piezas negociables (barras y jumbos). La fusión de cátodos será realizada en un horno de inducción DEMAG que debe operar bajo las siguientes condiciones : Temperatura de baño: 470 -480°C, nivel de baño : 35 - 38 TM , Tap. : 7 , alimentar al horno : dos (2) columnas, velocidad de moldeadora Sheppard 15-16 TM/h.

La fusión de los cátodos se produce por efecto de la inducción electromagnética entre el arrollamiento primario conectado a un transformador adecuado de donde se alimenta al voltaje necesario induciendo en el arrollamiento secundario, constituido por el ma

terial (cátodos) a fundir dispuesto a un anillo cerrado, la corriente necesaria para fundir los cátodos de Zinc.

La eficiencia de fusión estimada es de 96-98 %, consumiendo entre 100 y 110 KWH/TM de Zinc fundido, la planta de fusión y colada de Zinc está diseñada para producir 101,500 - TM/año de barras, lingotes jumbo y bolsas ; Zinc en polvo- 7,226 TM/año, esto obtenido en la planta de Dross.

La alimentación al horno de fusión es de 115,521 TM/año, - descarga del horno de fusión así como colada es 115,521 -- TM/año. Para DROOSS la producción es de 5,558 TM/año, regresando al horno de tostación como óxido de Zinc 2,223- TM/año, teniendo pérdidas de Zinc de 222 TM/año.

El Zinc fundido es moldeado en una moldeadora Sheppard automática, obteniéndose las barras de Zinc listas para el lanzamiento de la producción para mercados Nacionales o Internacionales. La calidad del Zinc producido es de alta calidad en pureza que se refiere, denominado "DIE CASTING", igual a 99.999% de Zinc que arroja la siguiente composición de impurezas :

<u>Zn %</u>	<u>Pb %</u>	<u>Fe %</u>	<u>Cd %</u>
99.999	0.0007	0.0001	0.0001

FUENTE :

Jefatura de Electrodeposición Fusión y Moldeo - 1,982.

Las barras obtenidas son enflejadas en paquetes de 40 piezas/ paquete, mediante enfleadores manuales o automáticos, poniéndole grapas de seguro y se le pone un numeral que permite su fácil identificación.

Cada paquete tiene un peso bruto de 1012.6 Kg/paquete, siempre se le agrega una tara de 1.5 Kg/paquete, dándonos un peso neto de 1011.1 Kg/paquete.

Los mercados mas prometedores son los internacionales, en cuanto a utilidades, destacándose AMBERS (BELGICA), FILADELFIA (EEUU), etc., pero se debe propiciar con mayor celeridad el manufacturamiento de estas barras en nuestro país desarrollando una tecnología propia y de este modo usufructuar mayores dividendos como productos terminados.

TABLA I

PACKING LIST 9-01-82

MATERIAL Y CANTIDAD			MARCAS ; MP - LIMA		
ZINC	SHG	499.652 TM	Una raya vertical verde		
DESTINO			VAPOR		
AMBERS (BELGICA)			SS "LAGO MAIHVE"		
LOTE N°	ATADO N°	PIEZAS	Peso)) Kilos		BRUTO
			NETO	TARA	
338	76	40	1,079.0	1.5	1,080.5
	77	40	1,122.0	1.5	1,123.5
	78	40	1,137.0	1.5	1,138.5
	79	40	1,065.0	1.5	1,066.5
	80	40	1,031.0	1.5	1,032.5
	81	40	1,048.0	1.5	1,049.5
	82	40	1,027.0	1.5	1,028.5
	83	40	991.0	1.5	992.5
	84	40	1,003.0	1.5	1,004.5
	85	40	1,161.0	1.5	1,162.5
	86	40	1,031.0	1.5	1,032.5

FUENTE
Jefatura de la División de Electrodeposición Fusión y Moldeo.

4.2 ESTUDIO DEL MERCADO DEL ZINC .-

4.2.1. INFORMACION ESTADISTICA : PRODUCCION

Para poder apreciar la tendencia de producción del Zinc a nivel Nacional, debemos apelar a datos netamente estadísticos que a continuación enlistamos, para darles mayor objetividad a nuestro análisis :

T A B L A N° II

PERU : EXPORTACIONES SEGUN PRINCIPALES PRODUCTOS. 1970 - 80.

<u>AÑO</u>	<u>VOLUMEN (TM)</u>
1,970	334.119
1,971	344.115
1,972	401,964
1,973	406,763
1,974	422,123
1,975	405,893
1,976	432,300
1,977	433,900
1,978	436,721
1,979	417,912
1,980	469,549

FUENTE :

Banco Central de Reserva del Perú (1,981).

Para la década del 70 se ha obtenido los siguientes resultados comparativos frente al cobre y plomo

T A B L A N° III

<u>METAL</u>	<u>VOLUMEN (TM)</u>	<u>VOLUMEN PROMEDIO(TM)</u>
Cobre	2'727,362.000	247,942.000
Plomo	1'773,655.000	161,241.000
Zinc	4'505,359.000	409,578.000

Como se puede ver en la Tabla anterior, en la década del 70 la exportación del Zinc fué mayor en volúmen, lo cual a las claras nos dice su mayor aceptación en el mercado Internacional.

Para poder hacer estimaciones en el tiempo y a la vez analizar la tendencia generamos las funciones de transferencia de predicción histórica que a continuación transcribimos :

COBRE	$W_{Cu} = 134,652.5636 + 18881.57272 T$
PLOMO	$W_{Pb} = 157,750.0000 + 581.90900 T$
ZINC	$W_{Zn} = 347,338.4545 + 10373.27272 T$

Donde : T : Tiempo en años.

Analíticamente ambas funciones de transferencia tienen pendientes crecientes, lo cual nos da una pauta de su evolución ascendente en el tiempo, concretamente para el Zinc podemos usar esta función para hacer estimaciones que la Tabla siguiente diagramiza estos resultados :

<u>AÑO</u>	<u>VOLUMEN (TM)</u>
1,981	461,444.4
1,982	471,818.0
1,983	482,191.0

4.2.2. INFORMACION ESTADISTICA : PRECIO

Para saber la evolución de los precios en el tiempo del - Zinc, es menester conocer datos estadísticos que a continuación aparejamos para darle mayor objetividad a lo que nos proponemos :

T A B L A N° IV

PERU ; EXPORTACIONES SEGUN PRINCIPALES PRODUCTOS 1970 - 80.

<u>PRECIO</u>	<u>AÑO</u>
(Ctvs. U\$\$ / Lb.)	
6.61	1,970
6.32	1,971
7.95	1,972
10.97	1,973
16.16	1,974
16.94	1,975
20.09	1,976
17.10	1,977
13.82	1,978
18.57	1,979
20.54	1,980

FUENTE :

Banco Central de Reserva del Perú : 1,981.

Para la década del 70 se han obtenido los siguientes resultados comparativos frente al cobre y plomo.

T A B L A N° V

<u>METAL</u>	<u>PRECIO (Ctvs. U\$\$/Lb.) PROMEDIO</u>
Cobre	60.77
Plomo	18.41
Zinc	14.09

Como se habrá notado, el precio del Zinc está por debajo de los otros metales citados y por tanto su cotización Internacional no es competitiva, lo que se equilibra con el aumento de su volumen de exportación.

Para poder hacer estimaciones en el tiempo y de paso analizar su tendencia, generamos funciones de transferencia-exponenciales por que el precio sigue esa ruta, que a continuación presentamos :

$$\begin{aligned}
 \text{COBRE} \quad \text{U}\$/\text{Lb.} &= 43.073166 T^{0.193798977} \\
 \text{PLOMO} \quad \text{U}\$/\text{Lb.} &= 6.5209019 T^{0.578261666} \\
 \text{ZINC} \quad \text{U}\$/\text{Lb.} &= 5.4967559 T^{0.541440345}
 \end{aligned}$$

Donde : T : Tiempo expresado en años.

Usando la función de transferencia de predicción para el Zinc, podemos hacer pronósticos del precio en el tiempo :

<u>AÑO</u>	<u>PRECIO (U\$\$/Lb.)</u>
1,981	21.11
1,982	22.04
1,983	22.94
1,984	23.82

4.2.3. INFORMACION ESTADISTICA : VALORES FOB

PERU : EXPORTACIONES SEGUN PRINCIPALES PRODUCTOS

1970 - 80

(VALORES FOB - Millones de U\$)

Para analizar las exportaciones debemos ceñirnos a un factor - que mide el progreso de las ventas al exterior nos referimos - al valor FOB. También enlistamos la distribución histórica - de este relevante índice económico de exportación.

T A B L A N ° V I

<u>AÑO</u>	<u>VALORES FOB</u>
1,970	48.7
1,971	48.0
1,972	70.4
1,973	98.4
1,974	150.4
1,975	151.5
1,976	191.5
1,977	163.5
1,978	133.1
1,979	171.2
1,980	212.6

FUENTE :

Banco Central de Reserva del Peru, 1981.

Para la década del 70 se ha obtenido los siguientes resultados comparativos, frente al Cobre y el Plomo.

T A B L A N° VII

<u>METAL</u>	<u>VALOR FOB</u>	<u>VALOR FOB PROMEDIO</u>
Cobre	3,799.8000	345.44
Plomo	722,7000	65.70
Zinc	1,439.3000	130.85

Apreciativamente podemos inferir que el Zinc ocupa el segundo lugar en el valor FOB, lo que nos indica que tiene una buena cotización Internacional.

Para poder hacer estimaciones en el tiempo y de paso analizar su tendencia generamos funciones de transferencia ; que enlistamos a continuación :

COBRE	$FOB = 71.59636363 + 45.64000 t$
PLOMO	$FOB = 8.90181818 + 9.46636 t$
ZINC	$FOB = 39.66181890 + 15.19727 t$

Donde : FOB : Millones de U \$\$
 t : Tiempo expresado en meses.

Analíticamente podemos inferir que todos tienen pendiente positiva, siendo crecientes para el Zinc, podemos hacer las siguientes estimaciones :

<u>AÑO</u>	<u>FOB</u>
1,981	222.0
1,982	237.2
1,983	252.4
1,984	267.6

5.1 PARAMETROS ELECTROLITICOS GRAVITANTES .-

Los parámetros electrolíticos que entran a tallar para enrumbar el proceso de la electrodeposición del Zinc por derroteros óptimos son los siguientes a saber :

- I Producción de Láminas de Zinc
- II Densidad de Corriente
- III Eficiencia de Corriente
- IV Reactivos de Adición
- V Voltaje
- VI Densidad de Electrolito
- VII Acidez de Electrolito
- VIII Temperatura de Electrolito
- IX Consumo de Energía
- X Impurezas en el Electrolito
- XI Impurezas en la Solución Pura.
- XII Amperaje
- XIII Espesor de Cátodo al final de la Electrólisis
- XIV Tiempo de Cosecha
- XV Concentración de Corriente
- XVI Resistividad del Electrolito
- XVII Flujo de Solución Pura.
- XVIII Pérdidas por Cortocircuitos
- XIX Mantenimiento de Celdas Electrolíticas
- XX Cubicación de Tanques.

5.1.1. PRODUCCION DE LAMINAS DE ZINC.-

La producción de cátodos de Zinc, para el período comprendido entre Marzo de 1981 a Febrero de 1982, fué del orden de 78,257.463 TM anuales como promedio, con 6,521.455 TM - mensuales y 210.369 TM diarios correspondiendo un 70.39%-

de capacidad máxima de producción. Los picos mas altos de curva-producción-tiempo, se alcanzaron en los meses de Ocubre, Noviembre y Diciembre de 1,981, pero para poder proyectar la producción futura nos valemos de la siguientes Función de Transferencia de Predicción Histórica :

$$W = 2654.578 + 594.904t$$

Donde : W = Producción de Cátodos de Zinc (TM)

t = Tiempo en meses.

Proyectando en el tiempo para el mes de Marzo 1982, obtenemos 10,388.332 TM. De un análisis de la función de transferencia, podemos inferir que la producción mensual sigue una tendencia evolutiva creciente, siendo una señal positiva del control de las operaciones en Planta.

En cuanto a la producción por celda, se obtiene 1.862 TM—de cátodos de Zn/celda-día, cubriendo solamente el 68.13% de la capacidad máxima.

Tambien para apoyar los cálculos operativos que se efectúan en Casa de Celdas, pues es ese mi sentir, inserto una función de transferencia para estimar la producción diaria :

$$W = 320.1214 - 0.52114 t$$

Donde : W = Producción Diaria de Cátodos Zinc (TM)

t = Tiempo en días.

Analíticamente podemos decir que la producción tiene una-pendiente negativa, interpretándola nos muestra una producción decreciente.

La Tabla N°1, nos muestra históricamente la distribución de la producción de láminas de Zinc en Casa de Celdas para el

período comprendido entre Marzo 1981 y Febrero 1982. Recordando que el arranque de Planta de la Refinería de Cajamarquilla fué en el mes de Mayo de 1981 y los meses anteriores fueron de prueba y de ajuste de parámetros operacionales.

TABLA N° 1

AÑO	TIEMPO (Meses)	PRODUC.LAMINAS(TM)
1981	MARZO	1,249.808
1981	ABRIL	2,910.526
1981	MAYO	2,429.752
1981	JUNIO	3,753.046
1981	JULIO	8,980.259
1981	AGOSTO	8,739.344
1981	SETIEMBRE	9,042.605
1981	OCTUBRE	9,503.776
1981	NOVIEMBRE	9,333.636
1981	DICIEMBRE	8,440.636
1982	ENERO	7,190.439
1982	FEBRERO	6,683.356
1982	MARZO (*)	10,645.763
PRODUCCION TOTALIZADA (TM)		88,645.763

(*) Cantidad Estimada

FUENTE :

Reportes Mensuales de Jefatura de Casa de Celdas
Refinería de Zinc Electrolítico Cajamarquilla-82.

5.1.2. DENSIDAD DE CORRIENTE .-

La Densidad de Corriente (J) constitúyese un parámetro básico en la Electrodeposición del Zinc. Para el período de Marzo-1981 a Febrero de 1982 fué un promedio de 333.783 Amp/m^2 .

Los picos más altos en la Curva Densidad de Corriente-Tiempo son los correspondientes a los meses de Octubre y Noviembre de 1981. También para poder estimar en el tiempo se sugiere la siguiente Función de Transferencia de Predicción - Histórica :

$$J = 268.912 + 10.108 t$$

Donde : J = Densidad de Corriente (Amp/m^2)

t = Tiempo (Meses)

Estimado para el mes de Marzo de 1982 obtenemos que la Densidad de Corriente fué del orden de 400.31 Amp/m^2 .

Pero contrastando el valor obtenido para el período arriba -- mencionado con los valores de diseño (426 Amp/m^2) se cubrió el 98 % del mismo, lo cual nos mueve a decir que en cuanto al control de este parámetro se estuvo operando dentro de los valores tolerables.

Para apoyar técnicamente en la cuantificación y control de la Densidad de Corriente postulamos la siguiente Función de Predicción Histórica :

$$J = 427.051 - 0.565 t$$

Donde : J = Densidad de Corriente (Amp/m^2)

t = Tiempo (Días)

Analíticamente podemos mencionar que la Densidad de Corriente mensual sigue una evolución ascendente, señal positiva ; -

mientras que la densidad de corriente diaria sigue una tendencia descendente, lo cual no debe causarnos molestias pues - parte del tope 427.051 y empieza a decrecer; cubriendo acabadidad el mes de 31 días.

La Tabla N°2 nos muestra el espectro Histórico de la densidad de corriente para el período Marzo 1981-Febrero 1982 .

TABLA N° II

AÑO	MESES (t)	DENSIDAD DE CORRIENTE (Amp/m ²)
1981	MARZO	224.00
1981	ABRIL	299.00
1981	MAYO	200.20
1981	JUNIO	313.00
1981	JULIO	378.20
1981	AGOSTO	378.00
1981	SETIEMBRE	406.00
1981	OCTUBRE	419.00
1981	NOVIEMBRE	417.00
1981	DICIEMBRE	353.00
1982	ENERO	301.00
1982	FEBRERO	327.00
1982	MARZO (*)	400.31
PROMEDIO ANUAL		334.61

(*) Estimado

FUENTE :

Reportes Mensuales de la Jefatura de Casa Celdas.
Refinería de Zinc Electrolítica Cajamarquilla.

5.1.3. EFICIENCIA DE CORRIENTE .-

La significación de la eficiencia de corriente (%), es relevante en la Electrodeposición del Zinc, pues encara el con trol de proceso si realmente se está desarrollando por cau ses óptimos.

Los picos más altos en la Curva Eficiencia-Tiempo lo encon tramos en los meses de Junio 1981 y Enero 1982. Las cre stas más bajas correspondieron para los meses de Noviembre - 1981 y Febrero 1982.

Para poder estimar en el tiempo, generamos la siguiente Fun ción de transferencia de Predicción Histórica :

$$EFF = 92.0985 + 0.0360 t$$

Donde : EFF = Eficiencia de Corriente (%)

t = Tiempo (Meses)

Estimado para el mes de Marzo 1982 obtenemos que la Eficien cia de Corriente fué del orden de 91.63% para el período - Marzo 1981 - Febrero 1982, se obtuvo una cantidad promedio de 91.86 %.

Esta cantidad está por debajo del valor signado de diseño -- (94 %), lo cual nos indica que existen factores que están in cidiendo en un marcado decrecimiento de este vital pará metro.

Como nos propusimos al inicio debemos apoyar en el control-operacional de los pará metros gravitantes, sugiero la siguiente Funci ón de Predicción Histórica para la cuantificación diaria de la Eficiencia de Corriente :

$$EFF = 89.580 + 0.0864 t$$

Donde : EFF = Eficiencia de Corriente (%)

t = Tiempo (Días)

De un análisis de las funciones de transferencia de Predicción Histórica, podemos inferir que en cuanto a la Eficiencia mensual tiene una pendiente negativa que hace la tendencia de — creciente en cuanto a su evolución mensual. Pero refiriéndonos a la cuantificación diaria, nos muestra una pendiente positiva, obteniendo resultados aceptables.

La Tabla N° 3 nos esquematiza el espectro histórico de la Eficiencia de Corriente (%) para el período Marzo 1981 - Febrero 1982.

TABLA N° III

AÑO	TIEMPO (Meses)	EFICIENC.CORRIENTE(%)
1981	MARZO	90.82
1981	ABRIL	92.99
1981	MAYO	92.08
1981	JUNIO	93.50
1981	JULIO	91.50
1981	AGOSTO	91.80
1981	SETIEMBRE	91.53
1981	OCTUBRE	90.51
1981	NOVIEMBRE	90.68
1981	DICIEMBRE	92.82
1982	ENERO	93.88
1982	FEBRERO	90.26
1982	MARZO (*)	91.63
PROMEDIO ANUAL EFIC.CORRIENTE(%) 91.84		

(*) Promedio Estimado

FUENTE :

Reportes Mensuales de la Jefatura de Casa Celdas.
Refinería de Zinc Electrolítico Cajamarquilla-82
MINERO-PERU.

5.1.4. REACTIVOS DE ADICION .-

Cuando nos referimos a Reactivos de Adición, nos ocupamos de la Gelatina, Regaliz, Silicato de Sodio y Carbonato de Estroncio, que todos ellos tienen funciones específicas en la Electrodeposición del Zinc.

Para el período Marzo 1981 - Febrero 1982, el consumo global de Reactivos de Adición fué del volumen de 33,958.8 Kg. ; - correspondiendo un promedio mensual de 2829.90 Kg.

Los picos más altos fueron para los meses de Setiembre y Diciembre 1981 ; y los más bajos tocáronle a los meses de Marzo y Abril de 1981. Para hacer las estimaciones del caso en el tiempo generamos las funciones de transferencia de predicción histórica siguiente :

$$RAD = 1356.958 + 226.606 t$$

Donde : $RAD = \text{Reactivos de Adición (Kg)}$
 $t = \text{Tiempo (Meses)}$

Haciendo uso de esta función estimamos para el mes de Marzo 1982, la cifra siguiente de 4,302.82 Kg. de Reactivos de Adición.

Analíticamente la función de transferencia tiene una pendiente creciente, lo cual nos muestra con claridad el creciente consumo de reactivos, lo cual está abriendo una brecha en cuanto a los costos de producción.

Para el control diario de Reactivos de Adición, postulamos la siguiente función de predicción histórica que estimará y a la vez ayudará al control operacional

$$RAD = 265.355 + 6.120 t$$

Donde : $RAD = \text{Reactivos de Adición (Kg.)}$
 $t = \text{Tiempo (Meses).}$

De un análisis de esta última función de transferencia, podemos apreciar que tiene una pendiente creciente lo cual nos indica que la variable Reactivos de Adición, aumenta con el tiempo, siendo pues por ello un parámetro crítico y requiere tomar mucho cuidado en su manipulación en Casa de Celdas.- La Tabla N°4 nos muestra el perfil histórico de los Reactivos de Adición en el período de Marzo 1981-Febrero 1982.

TABLA N° IV

AÑO	TIEMPO (MEses)	REACT.DE ADICION (Kg.)
1981	MARZO	782.46
1981	ABRIL	1,690.48
1981	MAYO	1,370.79
1981	JUNIO	2,153.37
1981	JULIO	3,252.10
1981	AGOSTO	3,958.76
1981	SETIEMBRE	4,104.12
1981	OCTUBRE	2,890.48
1981	NOVIEMBRE	2,950.48
1981	DICIEMBRE	4,084.80
1982	ENERO	3,671.92
1982	FEBRERO	3,049.04
1982	MARZO (*)	4,302.82
PROMEDIO ANUAL REACT. DE ADICION 33,958.90		

(*) Cantidad Estimada.

FUENTE :

Reportes Mensuales de la Jefatura de Casa de Celdas.
Refinería de Zinc Eelectrolítico Cajamarquilla - 82.
MINERO - PERU.

5.1.5. VOLTAJE :

Respecto al voltaje podemos decir también que es uno de los parámetros básicos en la Electrodeposición del Zinc, para el período de Marzo 1981 - Febrero 1982, el voltaje promedio fué de 378.97 Voltios (V).

Los picos más altos en la curva Voltaje-Tiempo correspondieron a los meses de Junio y Octubre 1981, y las crestas más bajas a Julio y Setiembre.

Para estimaciones en el tiempo, podemos recurrir a la siguiente función de transferencia de Predicción Histórica :

$$V = 381.151 - 0.4344 t$$

Donde : V = Voltaje (V)

t = Tiempo (Meses).

Usando esta función, podemos estimar para el mes de Marzo de 1982 correspondiéndole la cifra de 376.81 V., analíticamente la función nos muestra un decaimiento del voltaje con el tiempo, lo cual también nos induce a decir que es un parámetro crítico que merece un control más exhaustivo.

Para un control más eficiente del voltaje inserto una Función de transferencia de Predicción Diaria para cada circuito electroquímico existente y además el promedio de los mismos :

$$V_I = 377.143 + 0.157 t$$

$$V_{II} = 354.181 + 1.686 t$$

$$V_{Prom.} = 365.662 + 0.921 t$$

Donde :

V_I = Voltaje en el Primer Circuito (V)

V_{II} = Voltaje en el Segundo Circuito (V)

$V_{Prom.}$ = Voltaje promedio (V).

De un análisis de estas tres últimas funciones de transferencia, podemos decir que en este sentido las pendientes son crecientes, lo cual es una señal de que se puede mejorar un control diario y a la vez de esa manera optimizar la producción.

La Tabla N° 5 nos muestra un espectro histórico del voltaje en el período de Junio 1981 - Febrero 1982.

TABLA N° 5

AÑO	MES	VOLTAJE (V)
1981	JUNIO	399.80
1981	JULIO	351.80
1981	AGOSTO	389.52
1981	SETIEMBRE	367.21
1981	OCTUBRE	393.97
1981	NOVIEMBRE	379.83
1981	DICIEMBRE	373.35
1982	ENERO	373.08
1982	FEBRERO	382.26
1981	MARZO	376.81 (*)
PROMEDIO ANUAL DE VOLTAJE (V)		378.97

(*) Estimación.

FUENTE :

Reportes Mensuales de la Jefatura de Casa de Celdas.
Refinería de Zinc Electrolítico Cajamarquilla 1982 -
MINERO-PERU.

La Tabla N° 5-A nos muestra un espectro histórico del voltaje diaria correspondiente al mes de Julio 1981 de los días 1 al 15.

FUNCIONES DE TRANSFERENCIA DE PREDICCIÓN HISTORICA DEL VOLTAJE

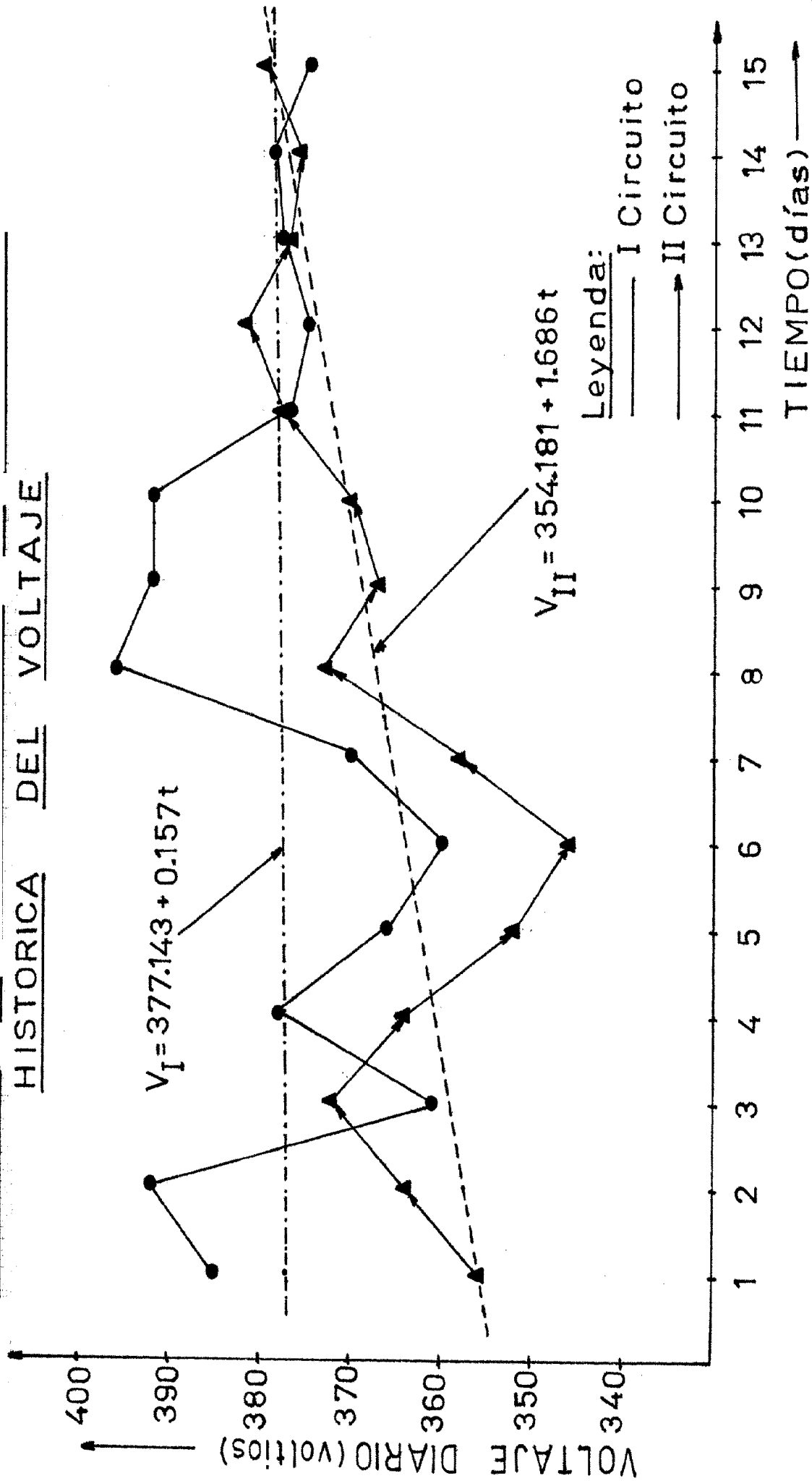


TABLA N° 5-A

V O L T A J E (V o l t i o s)				
MES	DIA	CIRCUITO I	CIRCUITO II	PROMD.
JULIO	01	385.00	356.00	370.50
	02	392.00	364.00	378.00
	03	361.00	372.00	366.50
	04	378.00	364.00	371.00
	05	366.00	352.00	359.00
	06	360.00	346.00	353.00
	07	370.00	358.00	364.00
	08	396.00	373.00	384.50
	09	392.00	367.00	379.50
	10	392.00	370.00	381.00
	11	377.00	378.00	377.50
	12	375.00	382.00	378.50
	13	378.00	377.00	377.50
	14	379.00	376.00	377.50
	15	375.00	380.00	377.50

FUENTE :

Reportes Diarios de la Jefatura Casa de Celdas.
Refinería de Zinc Electrolítico Cajamarquilla -82
MINERO-PERU.

5.1.6. DENSIDAD DEL ELECTROLITO .-

El electrolito solución de Sulfato de Zinc que fluye por Casa de Celdas reúne condiciones tales que hace propicia la Electrodeposición del Zinc y es por ello que es destacable considerar a la densidad del electrolito como un parámetro gravitante.

FUNCIONES DE TRANSFERENCIA DE PREDICCION

HISTORICA DE LA DENSIDAD DE ELECTROLITO

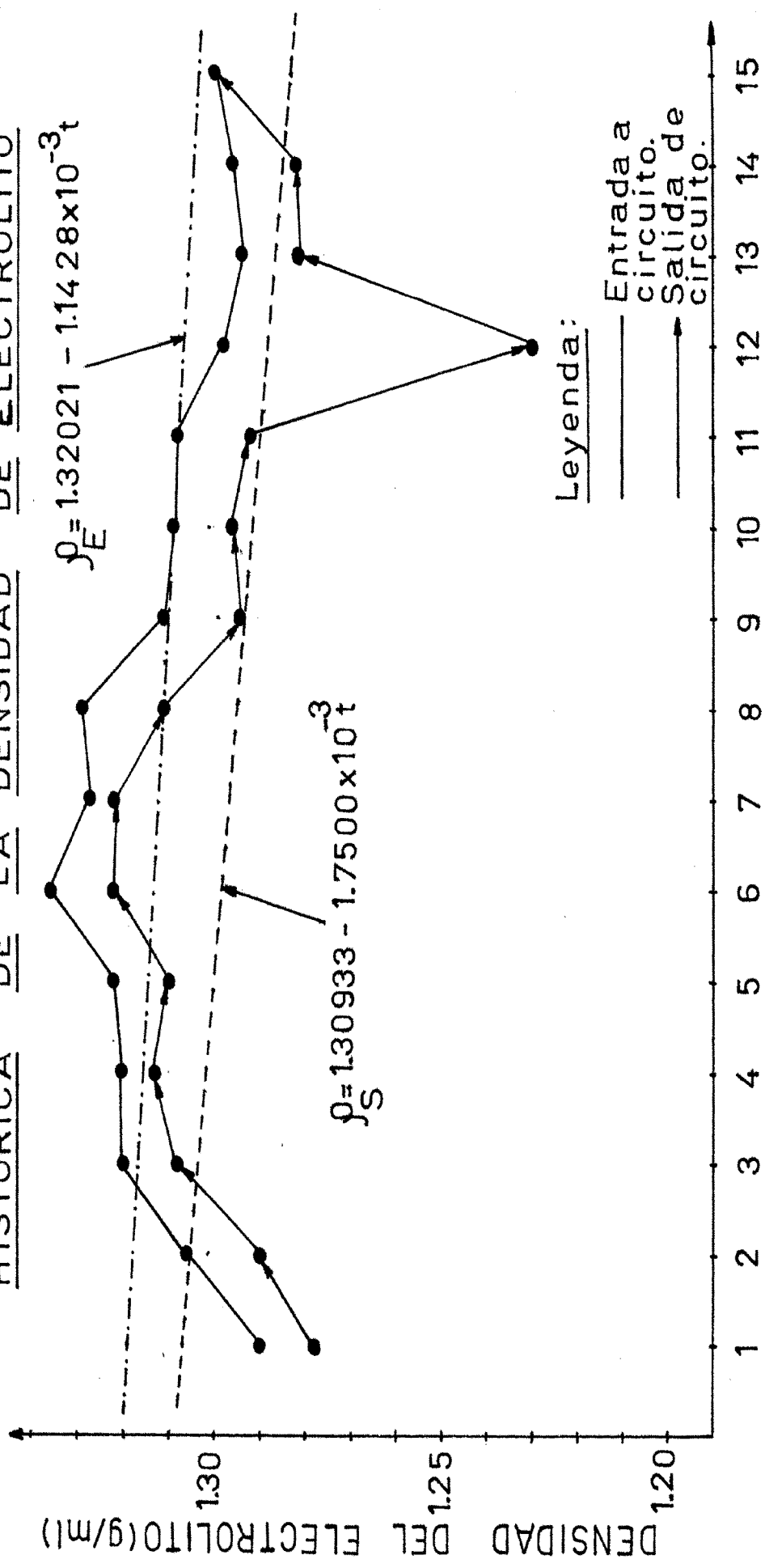
$$\rho_E = 1.32021 - 1.1428 \times 10^{-3} t$$

$$\rho_S = 1.30933 - 1.7500 \times 10^{-3} t$$

Leyenda:

- Entrada a circuito.
- Salida de circuito.

TIEMPO (días) —→



Para el control diario de la densidad a la entrada del circuito, como también a la salida, generamos funciones de transferencia histórica :

$$\rho_E = 1.32021 - 1.1428 \times 10^{-3} t$$

$$\rho_S = 1.30933 - 1.7500 \times 10^{-3} t$$

$$\rho_P = 1.31477 - 1.4463 \times 10^{-3} t$$

Donde :

ρ_E = Densidad del Electrolito a la entrada (g/ml)

ρ_S = Densidad del Electrolito a la salida (g/ml)

ρ_P = Densidad del Electrolito promedio (g/ml)

t = Tiempo (Días)

De un análisis cuidadoso de estas funciones de transferencia, podemos ver que todas ellas presentan pendientes decrecientes lo cual nos indica que la densidad descende con el tiempo, pero cubre con eficacia los días que conforman el mes.

La Tabla N° 6, nos muestra la distribución histórica de la densidad, correspondiendo para el mes de Julio del 1 al 15; tanto para el circuito de entrada como para el de salida, y además el promedio ponderado de los mismos.

TABLA N° 6

DENSIDAD (g/ml)				
MES	DIA	CIRCUITO I	CIRCUITO II	PROM.POND.
JULIO	01	1.290	1.278	1.2480
	02	1.306	1.290	1.2980
	03	1.320	1.308	1.3140
	04	1.320	1.313	1.3165
	05	1.322	1.310	1.3160
	06	1.336	1.322	1.3290

07	1.327	1.322	1.3245
08	1.329	1.311	1.3200
09	1.311	1.294	1.3025
10	1.309	1.296	1.3025
11	1.308	1.292	1.3000
12	1.298	1.230	1.2640
13	1.294	1.282	1.2880
14	1.296	1.282	1.2890
15	1.300	1.300	1.3000
<hr/>			
PROMEDIO	1.300	1.290	1.2900
PONDERADO			
<hr/>			

FUENTE :

Reportes Diarios de la Jefatura Casa de Celdas.
Refinería de Zinc Electrolítico Cajamarquilla-82
MINERO-PERU.

5.1.7. ACIDEZ DEL ELECTROLITO .-

El electrolito como destacábamos anteriormente, es una solución de Sulfato de Zinc ($Zn SO_4$) pero además lleva aparejada ácido sulfúrico y las impurezas, es precisamente que la acidez cuantifica la presencia del $H_2 SO_4$ y el método para ello es el de titulación realizada por los circuladores en intervalos definidos de tiempo.

Para apoyar en el control y a la vez poder estimar en el tiempo generamos funciones de transferencia histórica que cuantificará diariamente la acidez.

$$\begin{aligned}
 H^+ E &= 187.385 - 0.6914 t \\
 H^+ S &= 193.483 + 9.6430 \cdot 10^{-3} t \\
 H^+ p &= 190.460 - 0.3434 t
 \end{aligned}$$

Donde :

$$\begin{aligned}
 H^+ E &= \text{Acidez de Electrolito a entrada (g/l)} \\
 H^+ S &= \text{Acidez de electrolito a la salida (g/l)}
 \end{aligned}$$

H_p^+ = Acidez Promedio de Electrolito (g/l)

t = Tiempo (Días)

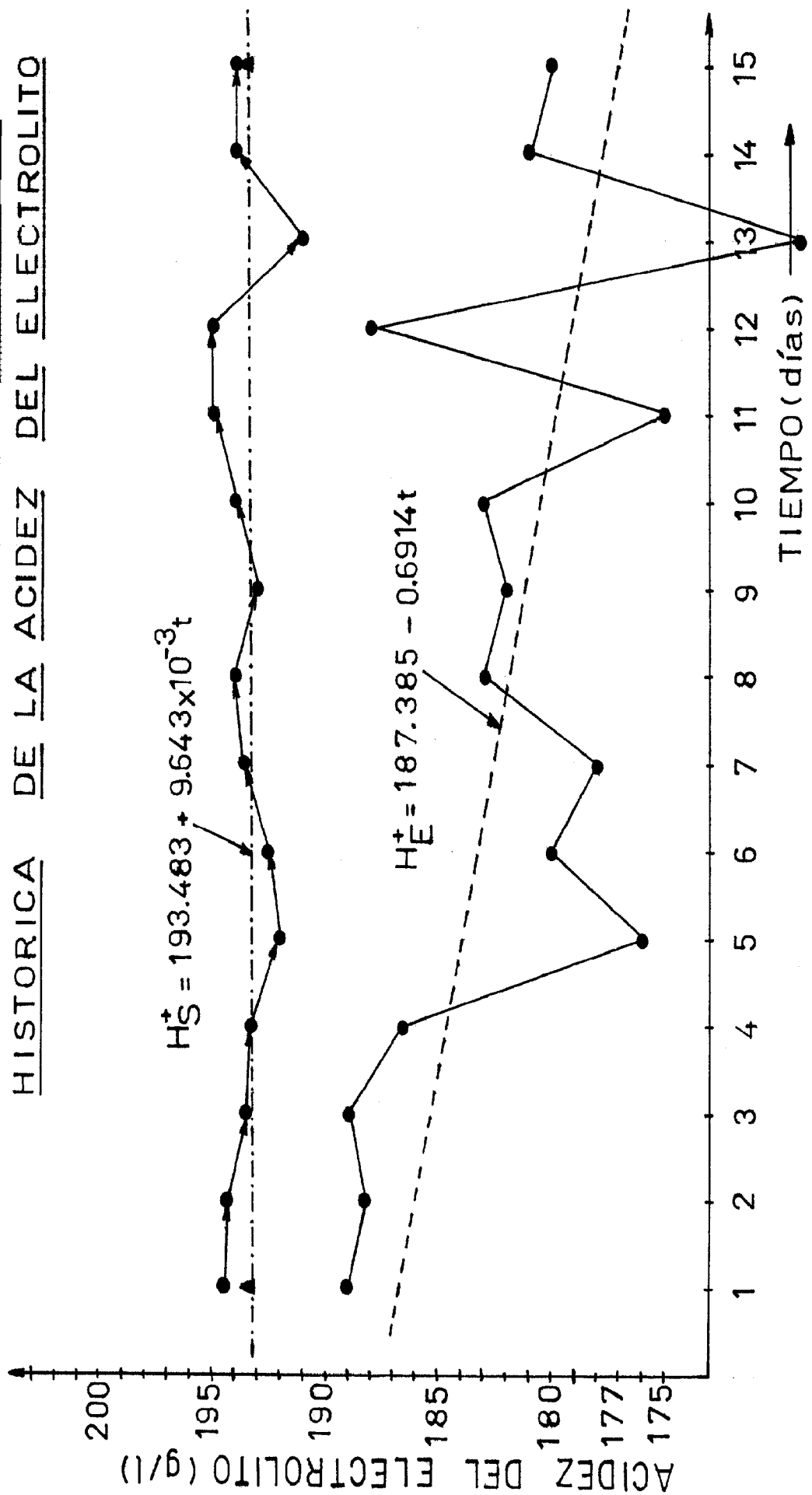
Analíticamente podemos inferir que la acidez de entrada es decreciente con el tiempo, cosa contraria no sucede con la de salida que es creciente y esto está acorde con la práctica pues en las Celdas Electrolíticas se forma ácido sulfúrico naciente.

La Tabla N° 7 nos muestra el espectro histórico de la acidez, correspondiente al mes de Octubre de 1981 de los días 1 al 15 , tanto para la entrada al circuito, como a la salida, y aparte de los dos el promedio ponderado.

TABLA N° 7

ACIDEZ (H^+) (G/L)				
MES	DIA	CIRCUITO I	CIRCUITO II	PROM.POND.
Octubre	01	189.00	194.30	191.75
	02	188.20	194.20	191.20
	03	189.00	193.50	191.25
	04	186.60	193.20	189.90
	05	176.00	192.00	184.00
	06	180.00	192.50	186.25
	07	178.00	193.70	185.85
	08	183.00	194.00	188.50
	09	182.00	193.00	187.50
	10	183.00	194.00	188.50
	11	175.00	195.00	185.00
	12	188.00	195.00	191.50
	13	169.00	191.00	180.00

FUNCIONES DE TRANSFERENCIA DE PREDICCION HISTORICA DE LA ACIDEZ DEL ELECTROLITO



14	181.00	194.00	187.50
15	180.00	194.00	187.00
<hr/>			
PROMED. PONDER.	181.85	193.56	187.71
<hr/>			

FUENTE :

Reportes Diarios de la Jefatura de Casa de Celdas.
Refinería de Zinc Electrolítico Cajamarqui Ila - 82.
MINERO - PERU.

5.1.8 TEMPERATURA DEL ELECTROLITO.-

La temperatura constitúyese en un parámetro gravitante, pues juega un papel preponderante en la Electrodeposición del --- Zinc, pues permite atenuar el efecto de las impurezas que - existen en el electrolito. La temperatura de entrada como - promedio 27°C es obtenida en las torres de enfriamiento y la de salida decircuito es del orden de 35°C, justificada por - el calentamiento eléctrico del electrolito. Entre esos dos - límites se hace factible la buena deposición del Zinc.

Apoyando técnicamente inserto funciones de transferencia de predicción histórica, de tal manera que se pueda hacer estimaciones de la temperatura diariamente.

$$T_E = 27.723 - 0.0878 t$$

$$T_S = 34.928 - 0.0593 t$$

$$T_P = 31.337 - 0.0746 t$$

Donde :

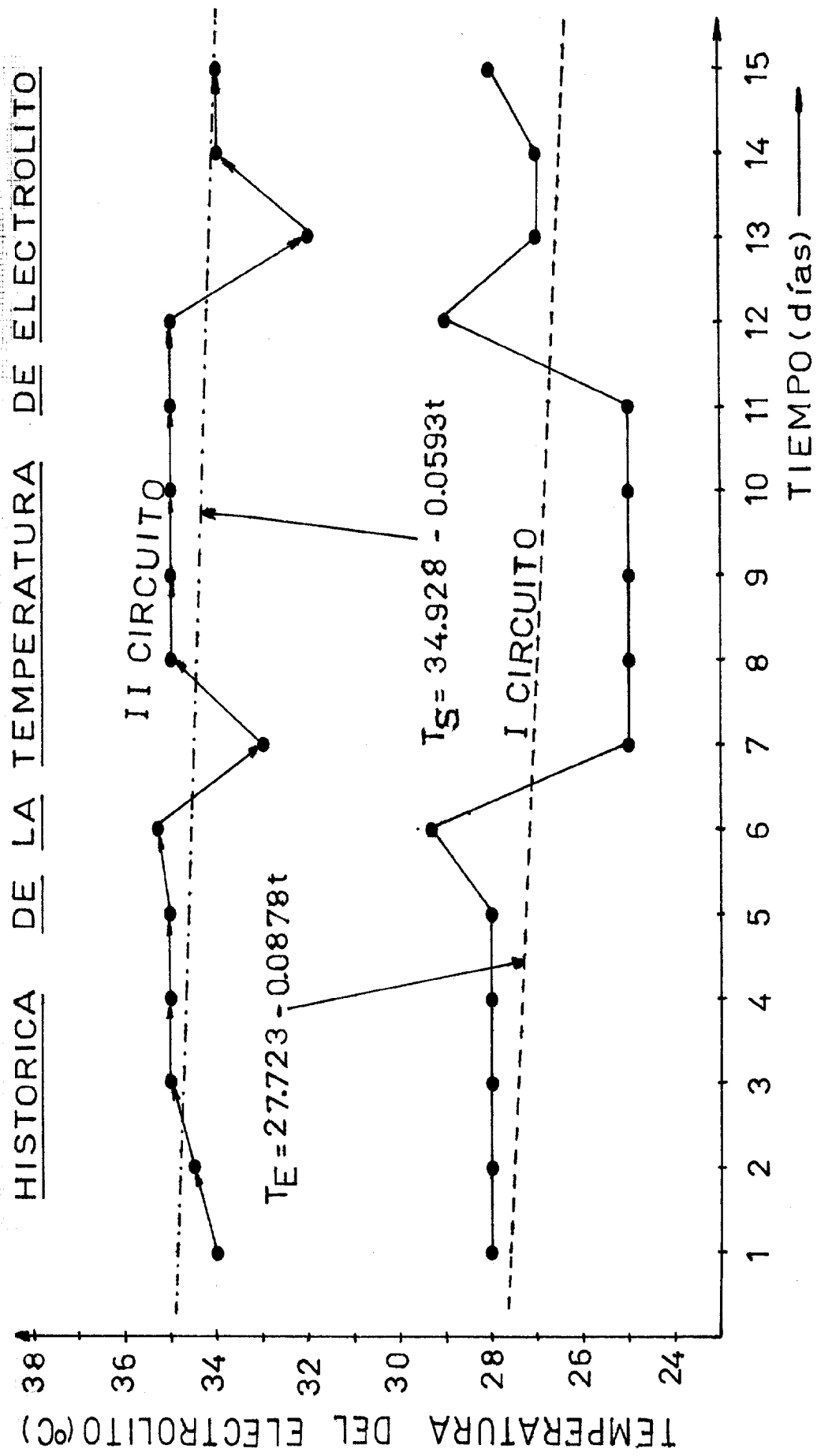
$$T_E = \text{Temperatura de Entrada a circuito (°C)}$$

$$T_S = \text{Temperatura de Salida a circuito (°C)}$$

$$T_P = \text{Temperatura promedio de electrolito}$$

$$t = \text{Tiempo (Días)}.$$

FUNCIONES DE LA TEMPERATURA DE ELECTROLITO DE TRANSFERENCIA DE PREDICCION



Analíticamente podemos interpretar que las dos funciones, tanto de entrada como de salida, son decrecientes y eso es vital pues podemos controlar la temperatura y no permitir que ella se dispare.

La Tabla N° 8, nos presenta el perfil de temperatura, correspondiente al mes de Octubre de 1981 del 1 al 15, tanto para el electrolito a la entrada de circuito, como a la salida ; y como también presenta el promedio de los dos, dicho resultado puede ser útil para hacer un balance de energía, como otros cálculos básicos.

TABLA N° 8

TEMPERATURA (°C)				
MES	DIA	CIRCUITO II	CIRCUITO II	PROM.PROND.
Octubre	01	28.0	34.0	31.0
	02	28.0	34.5	31.3
	03	28.0	35.0	31.5
	04	28.0	35.0	31.5
	05	28.0	35.0	31.5
	06	29.3	35.3	32.3
	07	25.0	33.0	29.0
	08	25.0	35.0	30.0
	09	25.0	35.0	30.0
	10	25.0	35.0	30.0
	11	25.0	35.0	30.0
	12	29.0	35.0	32.0
	13	27.0	32.0	29.5

14	27.0	34.0	30.5
15	28,0	34.0	31.0
<hr/>			
PROM.PONDERADO	27.02	34.45	30.74
<hr/>			

FUENTE :

Reportes Diarios de la Jefatura de Casa de Celdas.
Refinería de Zinc Electrolítico Cajamarquilla - 82.
MINERO-PERU.

5.1.9 CONSUMO DE ENERGIA .-

Constitúyese también al consumo de corriente como un parámetro que da a la clara el costo del proceso, en relación con el proceso pirometalúrgico.

Para el período Junio 1981 a Marzo 1982, el consumo fué del orden de 27'950 KWH/TM, con un promedio de 2795 -- KWH/TM mensual, valor que está por los valores recomendables.

Para poder hacer pronósticos en el tiempo, generamos la siguiente función de Predicción Histórica :

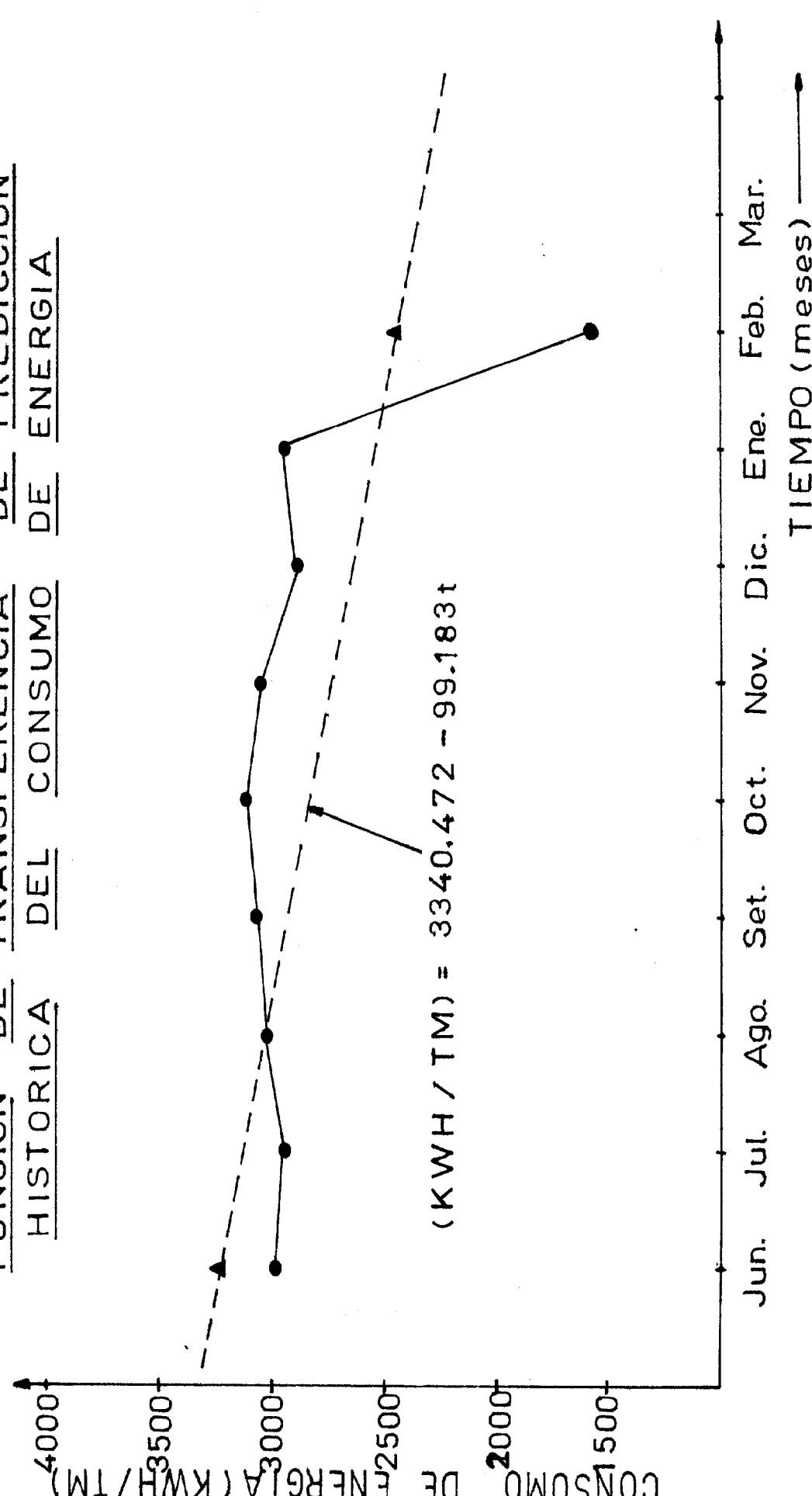
$$(KWH/TM) = 3340.472 - 99.183 t$$

Donde :

$$\begin{aligned} KWH/TM &= \text{Consumo de Energía por TM de} \\ &\quad \text{láminas de Zinc.} \\ t &= \text{Tiempo (Meses).} \end{aligned}$$

Del gráfico (KWH/TM) - Tiempo, podemos inferir que los picos más altos correspondieron a los meses de Octubre a Noviembre, más la cresta más baja correspondió al mes de Febrero de 1982, debido a la para de planta.

FUNCION DE TRANSFERENCIA DE PREDICCION
HISTORICA DEL CONSUMO DE ENERGIA



De un análisis de la función de transferencia, se puede decir que el consumo de energía sigue una pendiente negativa, por tanto es decreciente en el tiempo.

Podemos estimar en el tiempo y en este caso para el -- mes de Marzo de 1982 obteniéndose la cifra de 2349 -- KWH/TM.

La Tabla N° 9 nos presenta un perfil histórico para el -- consumo de energía por tonelada para el período Junio- 1981 - Marzo 1982.

TABLA N° 9

AÑO	MESES	CONSUMO ENERGIA (KWH/TM)
1981	JUNIO	2992
1981	JULIO	2942
1981	AGOSTO	3023
1981	SETIEMBRE	3063
1981	OCTUBRE	3119
1981	NOVIEMBRE	3053
1981	DICIEMBRE	2896
1982	ENERO	2945
1982	FEBRERO	1568
1982	MARZO	2349 (*)
TOTALIZANDO A MARZO 1982		27,950
PROMEDIO POND.MENSUAL		27 45

FUENTE :

Reportes Mensuales de la Jefatura de Casa de -
Celdas.

Refinería de Zinc Electrolítico Cajamarquilla-82.
MINERO-PERU.

5.1.10. IMPUREZAS EN EL ELECTROLITO .-

El Electrolito que fluye por Casa Celdas, conlleva impurezas en su seno, los cuales dificultan la buena deposición del -- Zinc, ya sea bajando la densidad de corriente, formando arbolitos o como también contaminando el depósito, de tal manera que a la postre repercutirá en la calidad de la barra-de Zinc.

Para poder controlar con eficacia en el tiempo se inserta -- las siguientes funciones de transferencia de predicción histórica, tanto para la entrada al circuito, como también a la salida :

$$I_E = 11.8525 + 0.1276 t$$

$$I_S = 12.2212 + 0.0897 t$$

Donde :

$$I_E = \text{Impurezas en el electrolito a la entrada(g/l)}$$

$$I_S = \text{Impurezas en el electrolito a la salida(g/l)}$$

$$t = \text{Tiempo (Días)}$$

De un análisis a las funciones de transferencia podemos dejar de entrever que la tendencia es creciente, lo cual pone en alerta el incremento poblacional de las impurezas, lo cual requiere tomar medidas apropiadas, tales como en la dosificación de Reactivos de Adición, buen sistema de purga, control de la temperatura, etc.

La Tabla N° 10 mostrará el espectro histórico de la evolución de impurezas en el electrolito tanto a la entrada, como a la salida, como así también el promedio ponderado de los mismos.

FUNCIONES DE TRANSFERENCIA DE PREDICCION HISTORICA DE LAS IMPUREZAS DEL ELECTROLITO

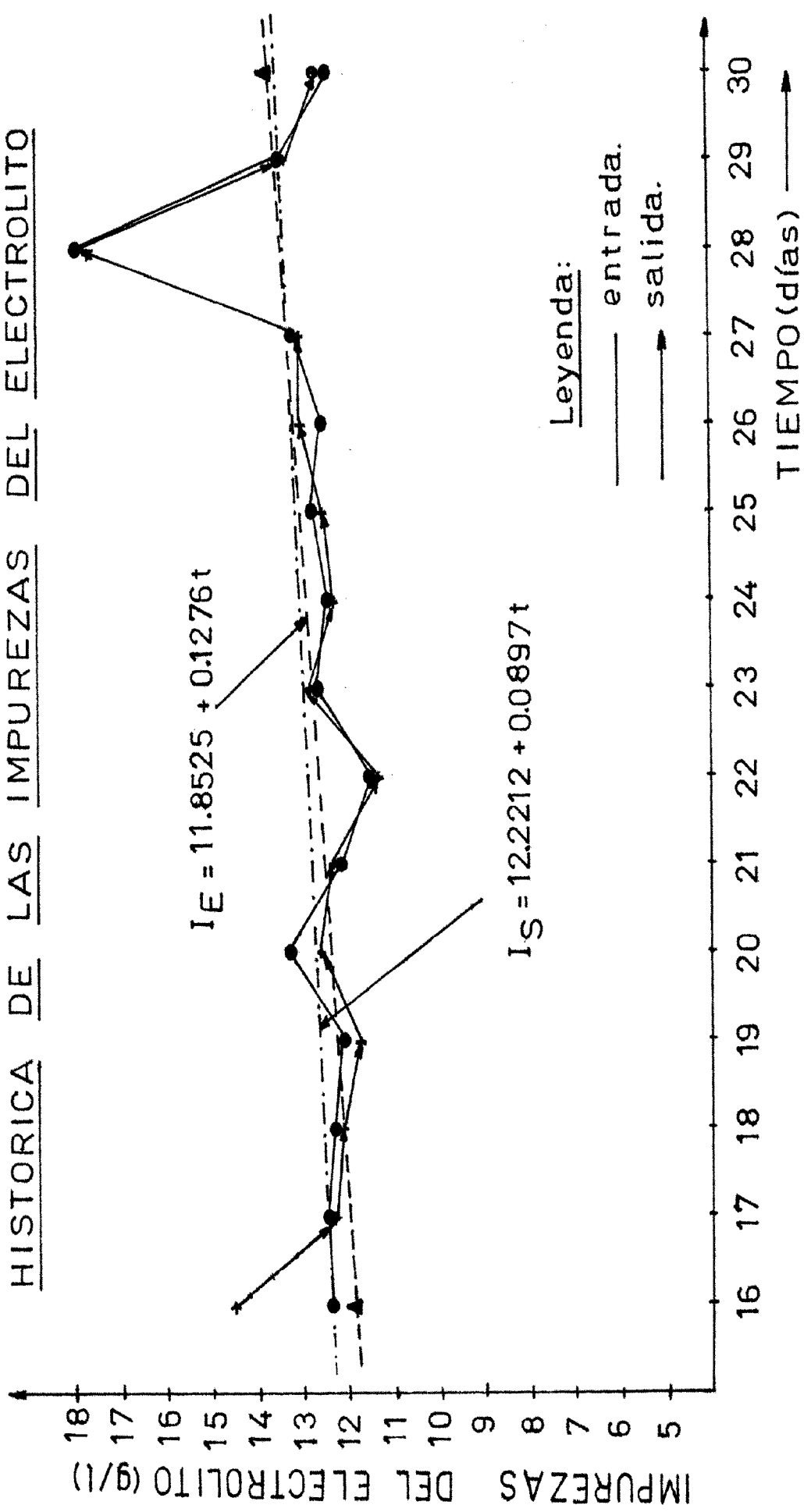


TABLA N° 10

IMPUREZAS TOTALES (G/L)					
AÑO	MES	DIA	ENTRADA	AGOTADO	PROMEDIO
1982	03	16	12.35	14.55	13.45
		17	12.45	12.35	12.40
		18	12.30	12.15	12.23
		19	12.10	11.75	11.93
		20	13.25	12.60	12.93
		21	12.15	12.30	12.23
		22	11.50	11.35	11.43
		23	12.65	12.70	12.68
		24	12.45	12.35	12.40
		25	12.75	12.55	12.65
		26	12.55	13.00	12.78
		27	13.20	13.05	13.13
		28	17.95(*)	17.95(*)	17.95(*)
		29	13.50	13.35	13.43
		30	12.45	12.65	12.55
		31	12.45	12.65	12.55
PROM.PONDERADO			13.80	13.85	13.83

(*) Incluyendo Plomo.

FUENTE :

Reportes Diarios de la Jefatura de Casa de Cel_{das}.

Refinería de Zinc Electrolítico Cajamarquilla -
1982 - MINERO-PERU.

5.1.11 IMPUREZAS EN LA SOLUCION PURA .-

La solución tal cual viene de purificación, lleva impurezas bajo límites operativos, pero como se desea llevar la deposición por cauces óptimos se le debe controlar y de este modo atenuar sus efectos, por tal razón a la solución pura se le dosifica Gelatina, aparte de reducir la temperatura con que viene haciéndola pasar por las torres de enfriamiento - que cuentan con abanicos gigantes y por gravedad.

Podemos tener una idea de las impurezas y a la vez estimarla en el tiempo generando una función de predicción - histórica que muestro a continuación :

$$I_{sp} = 21.4945 + 0.0285 t$$

Donde :

$$I_{sp} = \text{Impurezas en la solución pura(g/l)}$$

$$t = \text{Tiempo (Días)}$$

Cuando nos referimos a impurezas hablamos en forma global pues está constituido por el Fe, Ni, Co, Mn, Cu, Pb, etc., Analíticamente se puede apreciar que la función se crece en el tiempo, por lo cual nos pone en sobreaviso por el aumento poblacional, lo cual es menester tomar medidas tales que se minimiza su efecto por ser nocivo a la deposición del Zinc.

La Tabla N°11 , nos mostrará al espectro histórico de las impurezas en la solución pura, tal cual es bombeado de la famosa Copa de Champag de la sección de purificación.

TABLA N° 11

AÑO	MES	DIA	IMPUREZAS TOTALES (G/L)
1982	03	16	24.032
		17	21.952
		18	20.970
		19	18.392
		20	16.254
		21	16.922
		22	20.413
		23	21.782
		24	29.703
		25	28.962
		26	26.162
		27	23.413
		28	19.791
		29	19.332
		30	27.441
		31	12.271
TOTAL IMPUREZAS (G/L)			347.76
PROM.POND.DE IMPUREZAS			21.730

FUENTE :

Reportes Diarios de la Jefatura de Casa de Celdas.

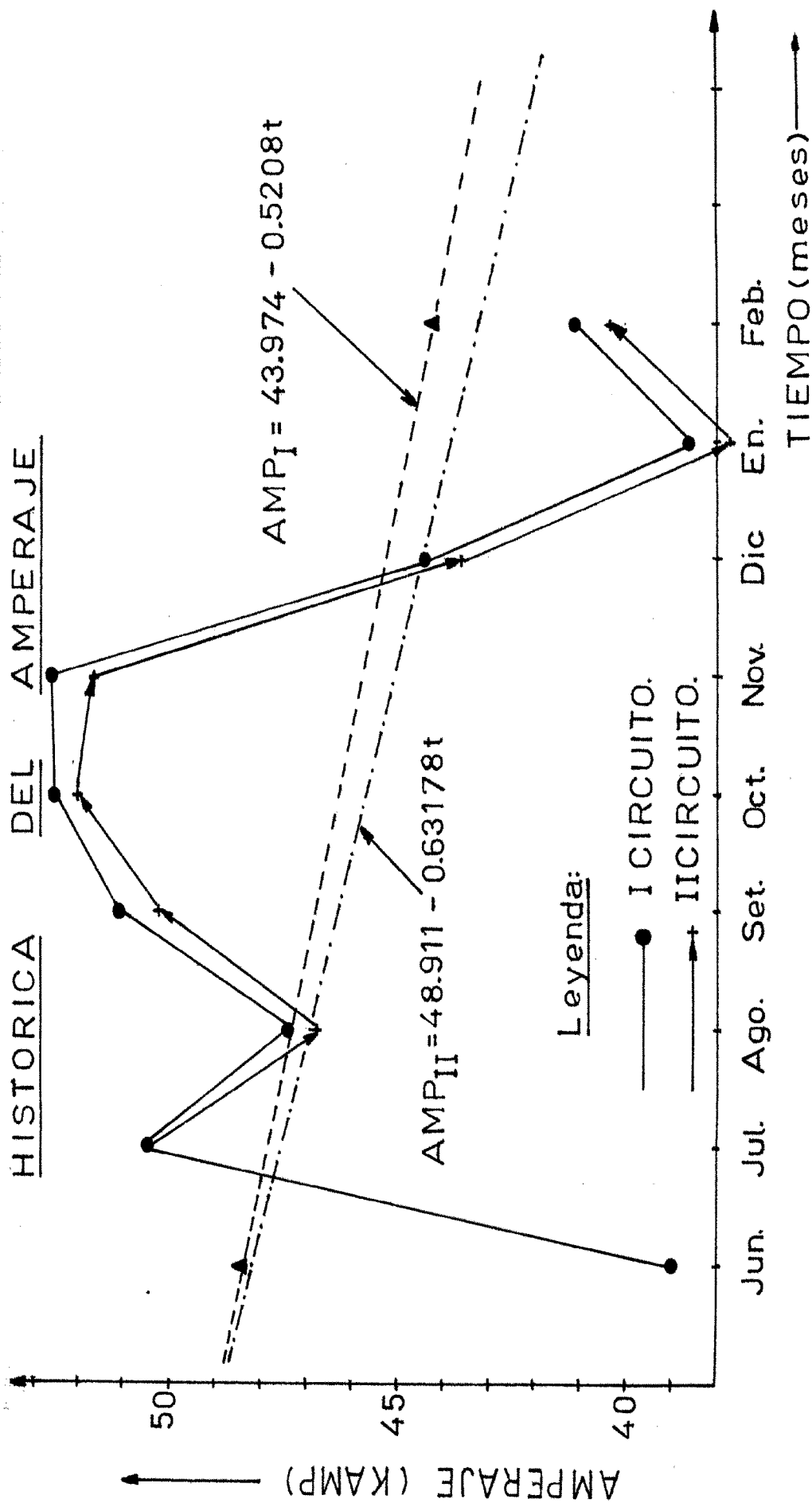
Refinería de Zinc Electrolítico Cajamarquilla.-82

MINERO - PERU.

5.1.12. AMPERAJE .-

El Amperaje parámetro básico en la electrodeposición del - Zinc, es sin lugar a dudas el que mucho tiene que ver con

FUNCIONES DE TRANSFERENCIA DE PREDICION HISTORICA DEL AMPERAJE



El proceso, pues todo el fundamento de la electroquímica descansa en lo que hace la corriente a su paso por un — electrolito.

Para el período Junio 1981 - Febrero 1982, los promedios para los dos circuitos y el promedio fueron de 46.370, - 45.752 y 46.061 KAmperios, respectivamente.

La curva Kiloamperaje - Tiempo, muestra para los meses de Octubre y Noviembre, y las crestas más bajas para - los meses de Junio 1981 - Enero 1982.

Para poder hacer estimaciones insertamos funciones de transferencia histórica, los cuales serán de gran valía en el - control de esta gravitante parámetro :

$$\text{Amp}_I = 48.974 - 0.5208 t$$

$$\text{Amp}_{II} = 48.911 - 0.63178 t$$

$$\text{Amp}_{PR} = 48.943 - 0.5763 t$$

Donde :

$$\text{Amp}_I = \text{Amperaje en el I Circuito (Kamp)}$$

$$\text{Amp}_{II} = \text{Amperaje en el II Circuito (Kamp)}$$

$$t = \text{Tiempo (Meses)}$$

Empleando las funciones de transferencia podemos estimar - para el mes de Marzo de 1982, tanto para el I Circuito , II Circuito y para el promedio de los mismos, las siguientes cantidades de 43.770 , 42.600 y 43.180 Kamp.- respectivamente, Analíticamente se puede decir que el - amperaje es decreciente con el tiempo, lo cual nos da -- una pauta de redoblar acciones de control y de esta manera se está operando bajo condiciones óptimas.

TABLA N° 12

A M P E R A J E		(K A M P)		
AÑO (+)MESES	I CIRCUITO	II CIRCUITO	PROM.POND.	
1981 JUNIO	39.000	39.000	39.000	
1981 JULIO	50.469	50.469	50.469	
AGOSTO	47.400	46.800	47.100	
SETIEMB.	51.140	50.240	50.690	
OCTUBRE	52.500	52.000	52.250	
NOVIEM	52.600	51.600	52.100	
DICIEM.	44.400	43.600	44.000	
1982 ENERO	38.590	37.700	38.145	
FEBRERO	41.232	40.360	40.796	
MARZO	43.770 (*)	42.600 (*)	43.180 (*)	
AMP.PROMEDIO	46.370	45.752	46.061	

(*) Estimado

FUENTE :

Reportes Mensuales de la Jefatura de Casa de Celdas.

Refinería de Zinc Electrolítico Cajamarquilla-1982. MINERO - PERU.

5.1.13 ESPESOR CATODICO AL FINAL DE LA ELECTRODEPOSICION

Las láminas de Zinc, obtenidas después del Stripping o cosecha, muestran un espesor de deposición que tiene que ser -- homogéneo, pues es una de las finalidades de agregarle el reactivo de adición Gelatina, a parte de ello no debe tener

Arborescencias o arbolitos por una deposición desenfrenada que produce cortocircuitos.

Por tal razón el espesor debe tener límites tolerables que en promedio debe alcanzar la cifra de 0.313 cm. por lo cual también es de destacar su gravitación en la electrodeposición del Zinc.

Generamos funciones de transferencia de predicción histórica para poder hacer estimaciones de su evolución en el -- tiempo.

$$\text{Esp.} = 0.3180 - 5.173 \times 10^{-4} t$$

Donde :

$$\text{Esp.} = \text{Espesor catódico (Cm)}$$

$$t = \text{Tiempo (Días)}.$$

La Tabla N° 13, nos muestra un amplio espectro histórico-del espesor correspondiente al mes de Noviembre de 1981- de los días 1 al 20., lo cual nos permite hallar la función antes mencionada.

Usando la función de predicción podemos estimar para el -- día 21 de Noviembre de 1981, obteniendo la cantidad de - 0.3071 cm., analíticamente tiene una tendencia decreciente, por lo cual es alarmante, pues no conviene tener espesores mínimos en el tiempo, con una velocidad decreciente -- de -5.173×10^{-4} .

FUNCION DE TRANSFERENCIA DE PREDICCION HISTORICA DEL ESPESOR CATODICO DEL ZINC

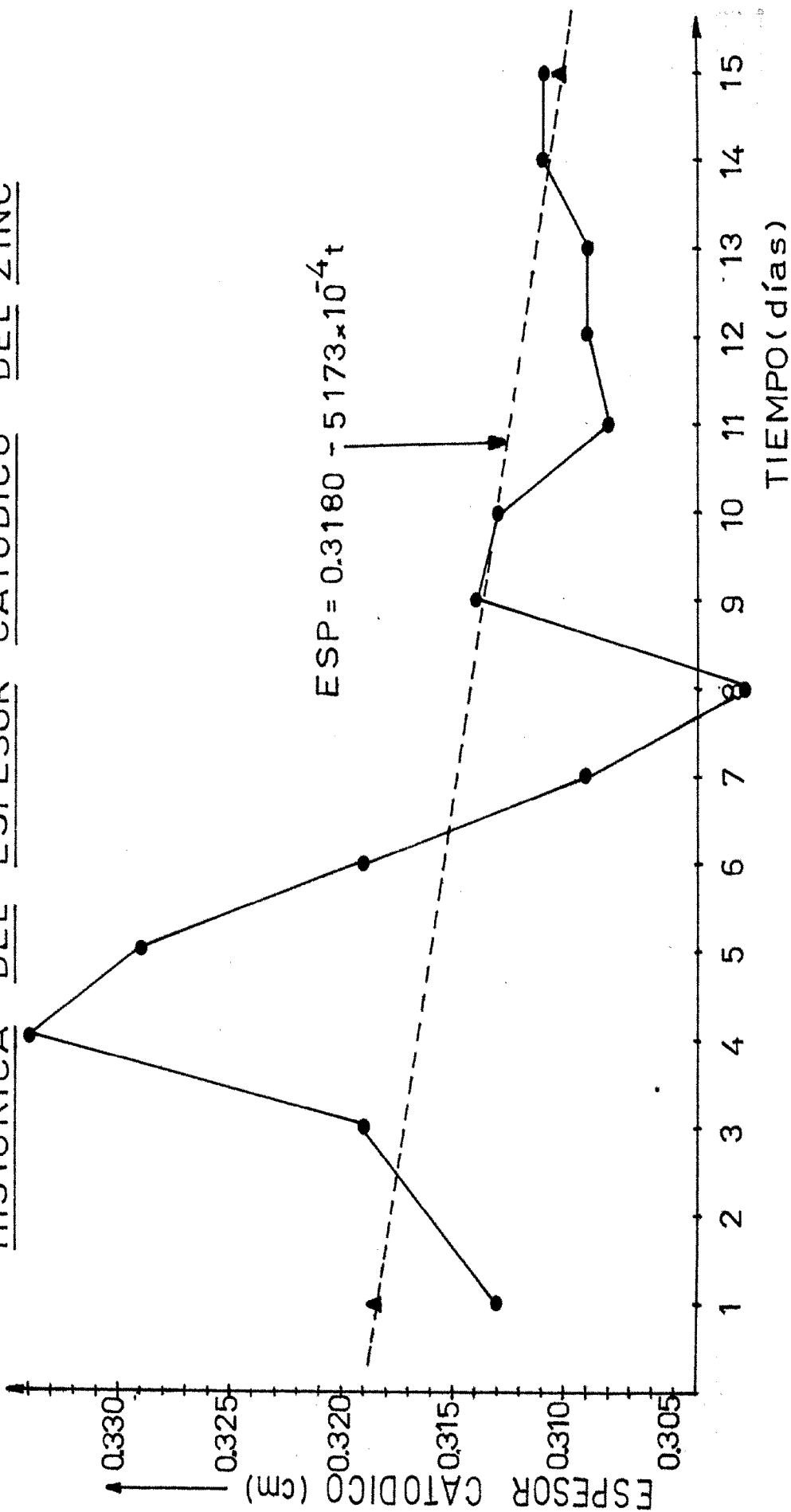


TABLA N° 13

AÑO	MES	DIA	ESPEJOR (Centímetros)
1981	NOVIEMBRE	01	0.313
		02	0.304
		03	0.319
		04	0.333
		05	0.329
		06	0.319
		07	0.309
		08	0.302
		09	0.314
		10	0.313
		11	0.308
		12	0.309
		13	0.309
		14	0.311
		15	0.311
		16	0.317
		17	0.307
		18	0.307
		19	0.311
		20	0.307
		21	0.307 (*)
PROMEDIO PONDERADO			0.313

(*) Estimación

FUENTE :

Reportes Diarios de la Jefatura de Casa de Celdas.
Refinería de Zinc Electrolítico Cajamarquilla.82.
MINERO-PERU.

5.1.14. TIEMPO DE COSECHA .-

El tiempo de cosecha es el intervalo que media entre el deslaminado inicial e introducción de nuevos cátodos y el deslaminado final de una misma fila, por promedio el tiempo de cosecha dura 47.72 horas, considerando que el proceso es continuo, sólo hay pérdida en la colocación de nuevos cátodos.

Generamos una función de predicción histórica que aparte de estimar en el tiempo, nos valdrá para poder apreciar su evolución en el tiempo-paradoja, un tiempo en otro tiempo-:

$$T_{\text{Cos}} = 47.671 + 7.5874 \times 10^{-3} t$$

Donde :

$$T_{\text{Cos}} = \text{Tiempo de Cosecha (Horas)}$$

$$t = \text{Tiempo (Días)}$$

Pronosticando para el día 13 de Diciembre de 1981, arribamos a 47.769 horas, lo cual concuerda con datos prácticos.

Analíticamente es una función creciente en el tiempo, lo que nos remarca que estamos dentro de lo esperado, pues a mayor tiempo de deposición se obtiene mejores depósitos a determinadas condiciones de los demás parámetros.

La Tabla N° 14, nos presenta una distribución histórica del tiempo de cosecha, correspondiente estos valores para el mes de Diciembre de 1981 del día 1 al 12.

FUNCION DE TRANSFERENCIA DE PREDICCION
HISTORICA DEL TIEMPO DE COSECHA

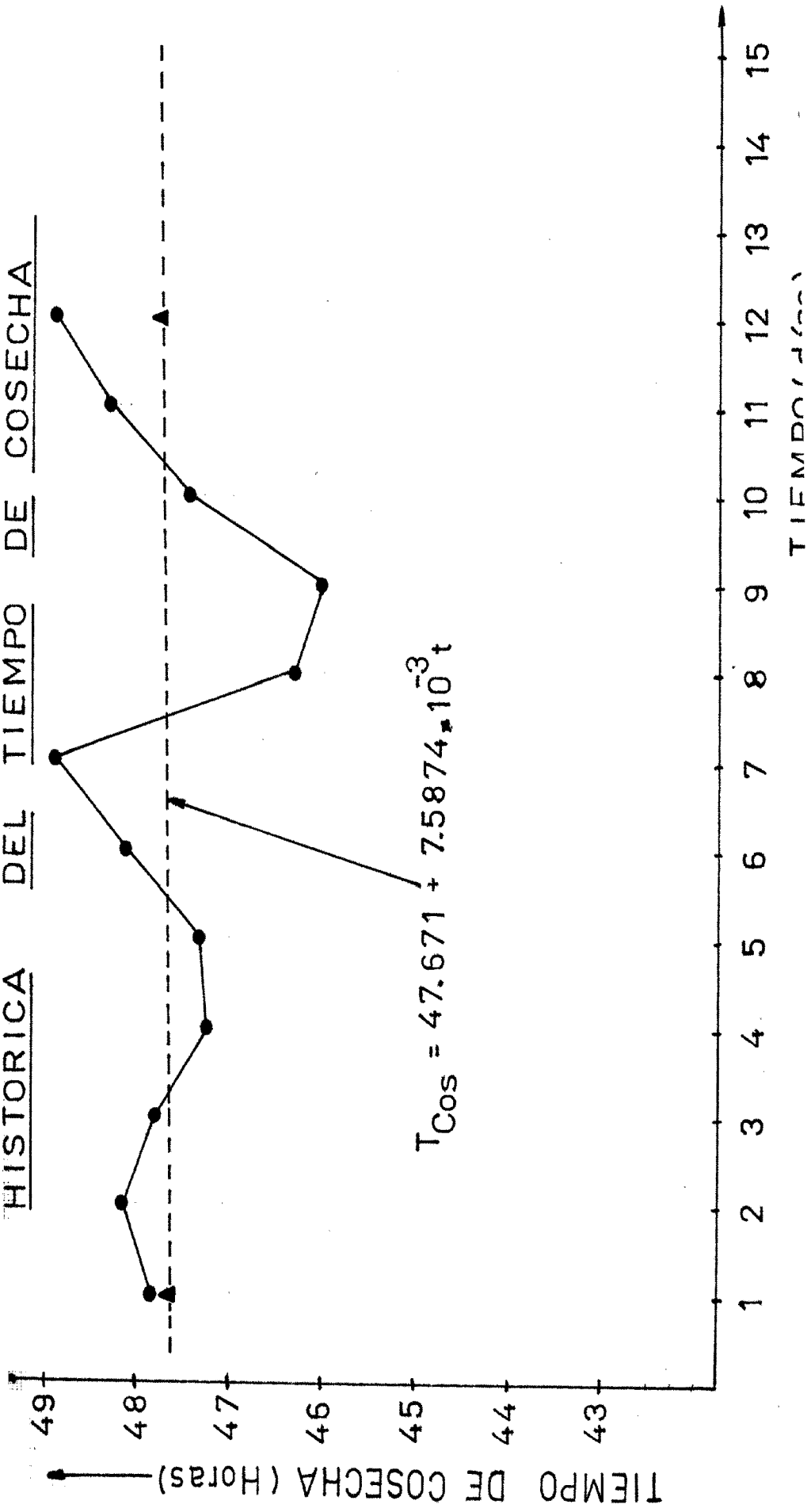


TABLA N° 14

AÑO	MES	DIA	PROM.TIEMPO COSECHA (HORAS)
1981	12	01	47.8525
		02	48.1575
		03	47.8125
		04	47.2500
		05	47.3450
		06	48.2425
		07	48.9175
		08	46.3375
		09	46.0475
		10	47.4500
		11	48.3200
		12	48.9075
PROM.PONDERADO (HORAS)			47.7200

FUENTE :

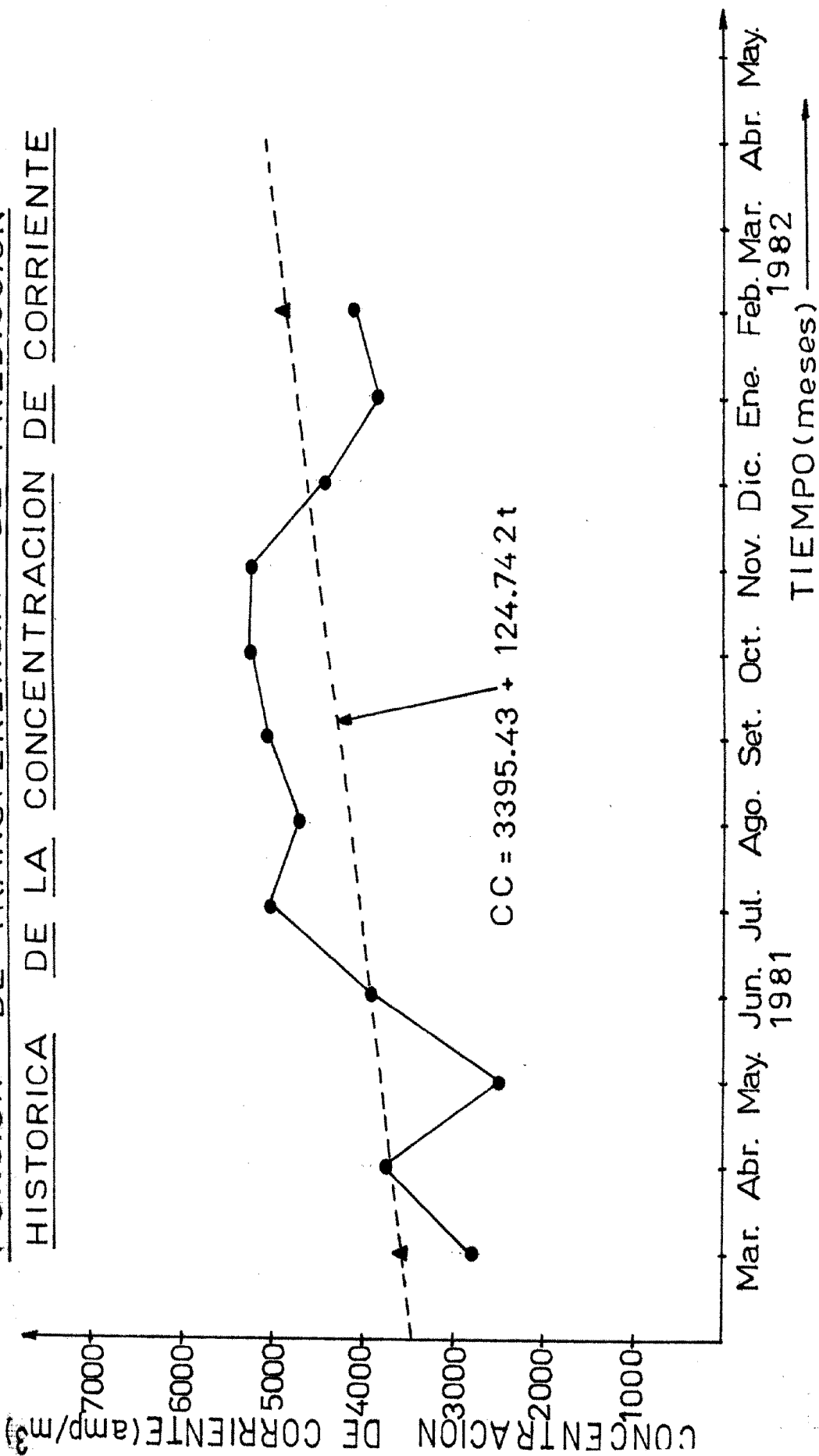
Reportes Diarios de la Jefatura Casa de Celdas.
Refinería de Zinc Electrolítico Cajamarquilla -
1982 - MINERO-PERU.

5.1.15. CONCENTRACION DE CORRIENTE .-

Otro parámetro gravitante poco destacable es el de concentra
ción de corriente que viene a ser la relación de corriente en
tre el volumen de electrolito que fluye por Celda electrolítica.

Para el período Marzo 1981 - Febrero 1982, tenemos un pro
medio de $4,206.3 \text{ Amp/m}^3$, considerando la curva concentra

FUNCION DE TRANSFERENCIA DE PREDICCION HISTORICA DE LA CONCENTRACION DE CORRIENTE



ción de corriente - Tiempo, podemos destacar los picos más altos para los meses de Octubre y Julio, y los picos más bajos para Mayo y Marzo 1981.

Podemos generar funciones de transferencia como en los casos anteriores, para poder estimar la evolución en el tiempo. A continuación presentamos la función de transferencia siguiente :

$$CC = 3395.43 + 124.742 t$$

Donde :

$$CC = \text{Concentración de Corriente (Amp/m}^3\text{)}$$

$$t = \text{Tiempo (Meses)}$$

Haciendo uso de esta función, estimamos para el mes de Marzo 1982 la cifra de 4965 Amp/m³ que está entre lo esperado.

Analíticamente la función nos presenta una tendencia creciente con el tiempo que está acorde con lo que se espera del proceso.

La Tabla N°15 nos presenta el perfil histórico de la concentración de corriente, correspondiente al periodo Marzo Febrero 1982.

TABLA N° 15

AÑO	MES	CONCENTRAC. CORRIENTE (Amp/m ³)
1981	MARZO	2793.80
	ABRIL	3728.60
	MAYO	2497.70
	JUNIO	3900.00

	JULIO	5046.90
	AGOSTO	4710.00
	SETIEMBRE	5069.00
	OCTUBRE	5225.00
	NOVIEMBRE	5210.00
	DICIEMBRE	4400.00
1982	ENERO	3814.00
	FEBRERO	4079.60
	MARZO (*)	4965.00 (*)

	CONCENTRAC. CORRIENTE	4206.30

(*) Estimación.

FUENTE :

Reportes Mensuales de la Jefatura de Casa de Celdas.

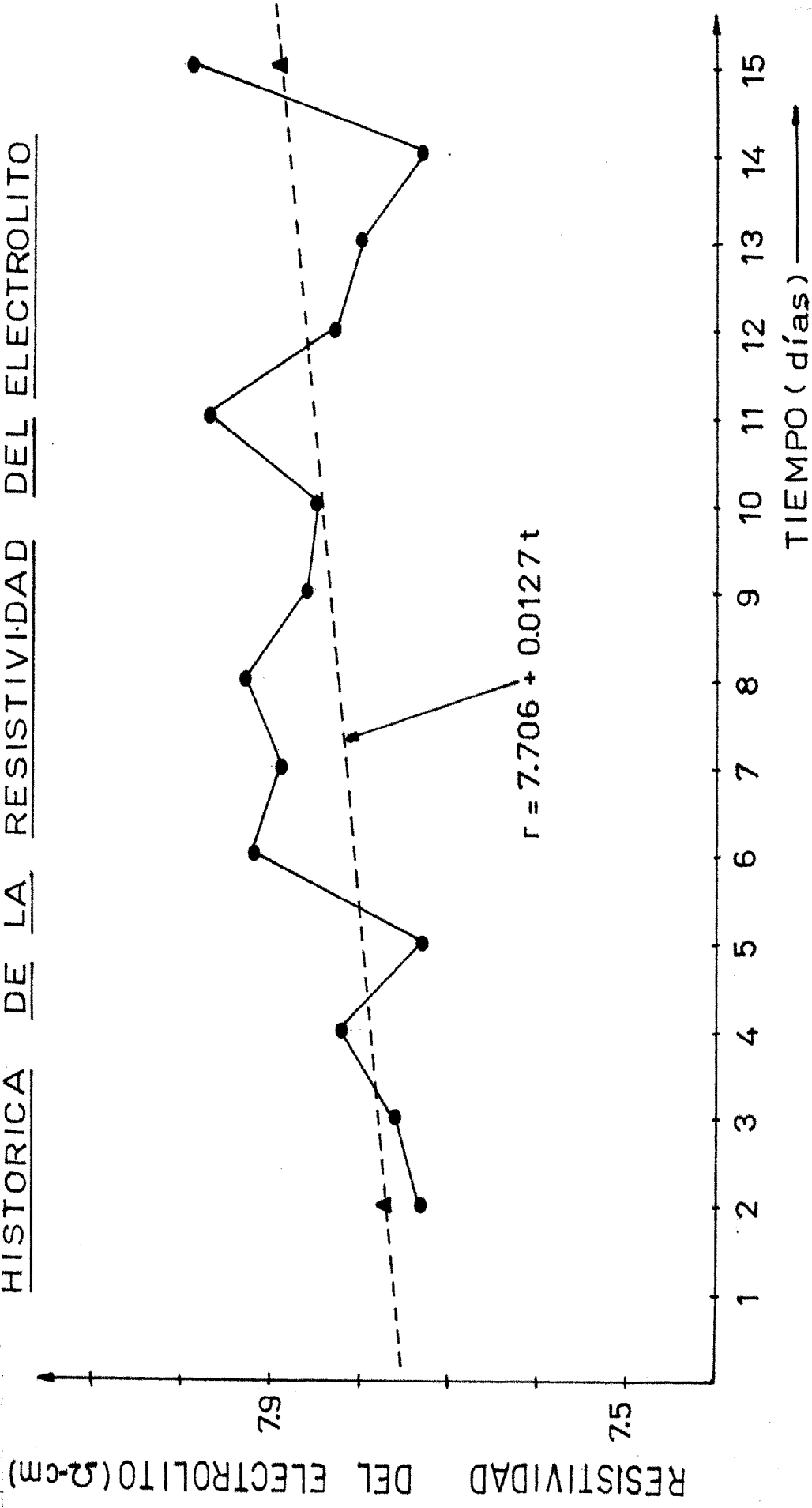
Refinería de Zinc Electrolítico Cajamarquilla-82
MINERO-PERU.

5.1.16. RESISTIVIDAD DEL ELECTROLITO. -

El electrolito tiene iones metálicos en suspensión, y para la Electrodeposición se comporta como una Resistencia eléctrica, pues por ella se movilizan los electrones portadores de la corriente eléctrica, y en tal sentido la resistividad es una constante característica para cada solución electrolítica, por tanto es considerada como un parámetro gravitante en la electrodeposición del Zinc. Para la praxis - Cajamarquilla la resistividad promedio es del orden de --- 7.84 Ohm - Cm.

Para poder hacer estimaciones en el tiempo, generamos funciones de transferencia de predicción histórica, los cuales nos permite ver su evolución en el tiempo :

FUNCION DE TRANSFERENCIA DE PREDICCION HISTORICA DE LA RESISTIVIDAD DEL ELECTROLITO



$$r = 7.706 + 0.0127 t$$

Donde :

r = Resistencia del Electrolito (Ohm-Cm.)

t = Tiempo (Días).

Usando esta transferencia generamos un pronóstico para el día 21 de Noviembre de 1981, alcanzando la cifra de 7.960 Ohm-Cm.

Analíticamente la función nos presenta una tendencia - creciente lo cual nos induce a pensar que va en aumento la oposición al pasaje de la corriente.

La Tabla N° 16, nos presenta el perfil histórico de la resistividad del electrolito para el mes de Noviembre - de 1981, de los días 1 al 20.

TABLA N° 16

AÑO	MES	DIA	OHMIOS-CENTIMET. Resistividad del Electrolito
1981	NOVIEMBRE	01	7.1200
		02	7.7300
		03	7.7600
		04	8.2000
		05	7.7300
		06	7.9200
		07	7.8900
		08	7.9300
		09	7.8600
		10	7.8500
		11	7.9700
		12	7.8300

13	7.8000
14	7.7300
15	7.9400
16	7.8800
17	7.8800
18	7.9400
19	7.9000
20	7.9300

PROM.POND.RESISTIVIDAD	7.8400
------------------------	--------

FUENTE :

Reportes Diarios de la Jefatura Casa de Celdas.
 Refinería de Zinc Electrolítico Cajamarquilla-82.
 MINERO-PERU

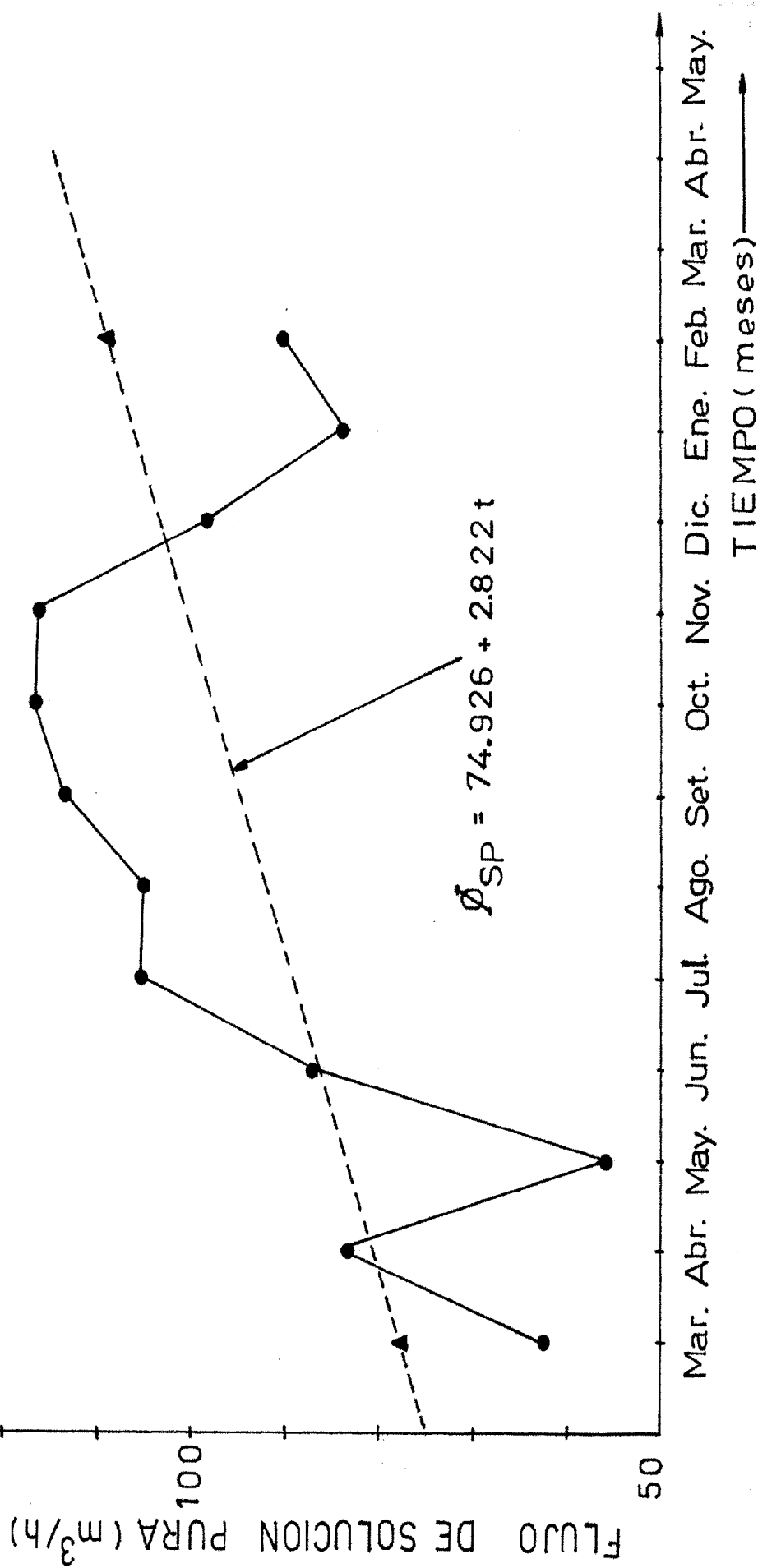
5.1.17. FLUJO DE SOLUCION PURA .-

Tocante al flujo de solución purificada que viene a Casa-de Celdas, a través de tuberías llega a los tanques de almacenamiento 004-G, 005-G y 006-G, de ahí pasa a las torres de enfriamiento, para pasar luego a los canales Rojo (I Circuito y II Circuito), cayendo por gravedad hacia las celdas electrolíticas, para luego retornar a los tanques de circulación 048, 049, 050, 051, 052, 053, 064 y 065-G, para luego repetir el ciclo nuevamente.

El electrolito agotado es bombeado a los tanques de almacenamiento de electrolito 073-G y 074-G.

Bien como mencionábamos a la solución pura se controla el flujo de acuerdo a requerimientos operativos y sujeto a los otros parámetros, siendo un promedio de 93.267 -- m³/h. Insertamos una función de transferencia para poder hacer estimaciones en el tiempo y a la vez controlar mejor la evolución operacional.

FUNCION DE TRANSFERENCIA DE PREDICCION HISTORICA DEL FLUJO DE SOLUCION PURA



$$\varnothing_{SP} = 74.926 + 2.822 t$$

Donde :

$$\varnothing_{SP} = \text{Flujo de solución pura (m}^3/\text{h)}.$$

$$t = \text{Tiempo (Meses)}$$

Estimado en el tiempo para el mes de Marzo 1982, cupole el numeral de 111.60 m³/h.

Analíticamente la función presenta una tendencia creciente y ello significa que se está manipulando de acuerdo a los otros parámetros. La curva Flujo se solución pura - Tiempo presenta crestas máximas para los meses de Octubre y - Noviembre 1981, coincidiendo con los meses de mayor productividad catódica.

La Tabla N°17 nos muestra el espectro histórico para el -- período Marzo 1981 - Febrero 1982 :

TABLA N° 17

AÑO	MESES	FLUJO SOLUCION PURA(m ³ /h)
1981	MARZO	62.389
	ABRIL	83.325
	MAYO	55.746
	JUNIO	87.233
	JULIO	105.432
	AGOSTO	105.376
	SETIEMBRE	113.192
	OCTUBRE	116.821
	NOVIEMBRE	116.263
	DICIEMBRE	98.398
1982	ENERO	83.883
	FEBRERO	91.141
	MARZO	111.600 (*)
PROM.MENSUAL FLUJO S.P.		93.267

Superintendencia Control de Producción
 División Metalurgia
 Refinería Zinc Electrolítico Cajamarquilla-82.
 MINERO-PERU

5.1.18. CORTOCIRCUITOS Y OTRAS PERDIDAS.-

Referirnos de cortocircuitos y otras pérdidas como parámetros gravitantes es englobar todas las pérdidas que se dan en las actividades operacionales de Casa de Celdas, tales como para el cambio de marco mantenimiento y limpieza de Celdas, cortocircuitos, para el stripping, limpieza de tuberías, apagones, etc.

Por lo general hay pérdidas diarias de 0.587 horas (18 minutos), los cuales también merman en el proceso, pero son pérdidas necesarias ; pero puede ser minimizado.

Generamos una función de transferencia para hacer las estimaciones del caso, la cual transcribimos a continuación :

$$\text{CoC} = 0.6698 - 0.0127 t$$

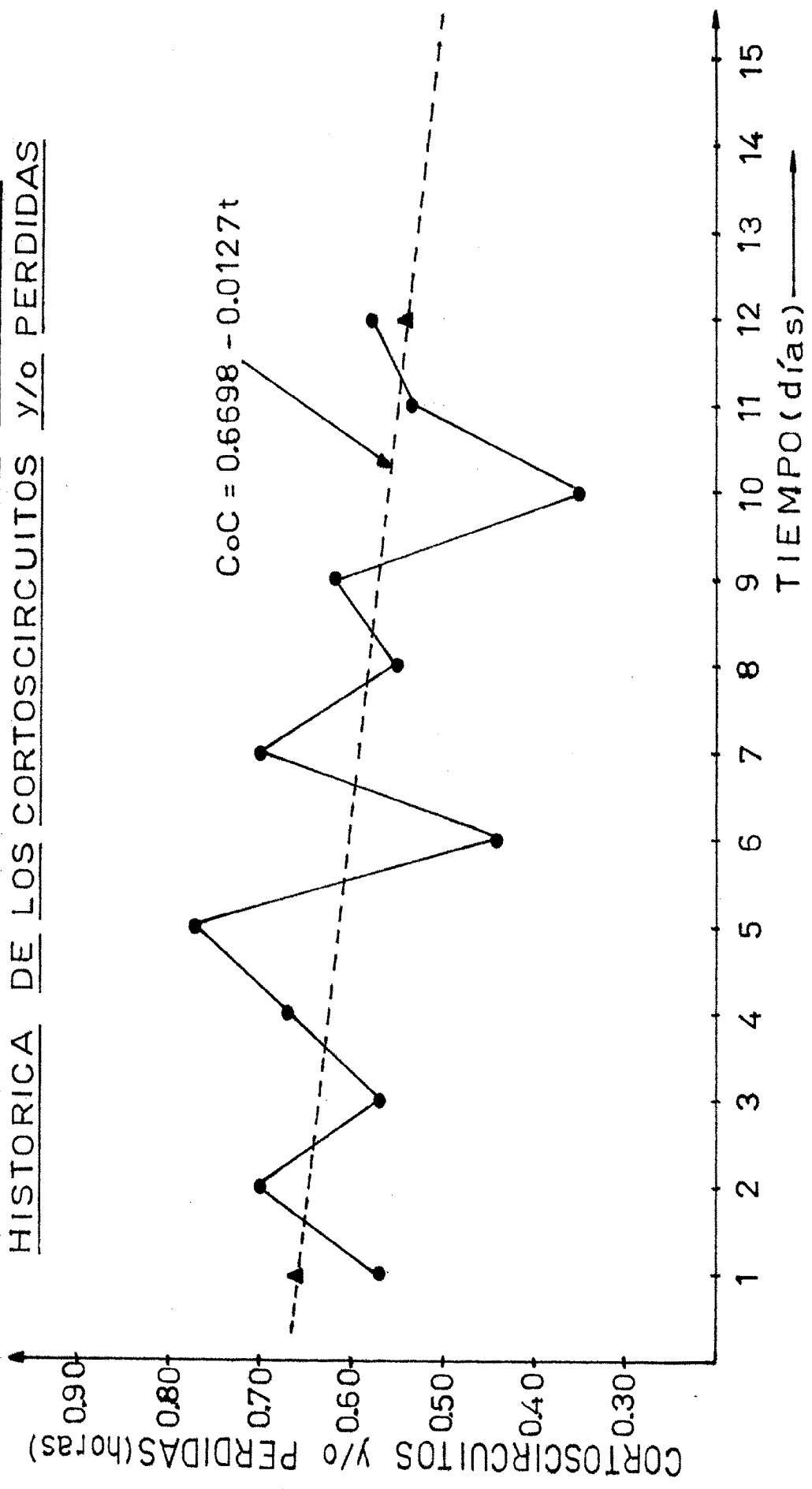
Donde :

CoC = Cortocircuitos y pérdidas (horas)

t = Tiempo (Días)

Estimando para el día 13 de Noviembre de 1981 obtenemos la cantidad de 0.5047 horas, de un análisis de analítico, podemos decir que es decreciente con el tiempo-

FUNCION DE TRANSFERENCIA DE PREDICCION HISTORICA DE LOS CORTOSCIRCUITOS Y/o PERDIDAS



Lo cual es un buen índice de que se va atenuando con el tiempo.

La Tabla N° 18 nos muestra el espectro histórico de los cortocircuitos con el tiempo correspondiente al mes de Noviembre de 1981, de los días 1 al 12

TABLA N° 18

AÑO	MES	DIA	CORTOCIRCUITOS Y/O PERD.(H)
1981	12	01	0.570
		02	0.700
		03	0.570
		04	0.670
		05	0.770
		06	0.440
		07	0.700
		08	0.550
		09	0.616
		10	0.350
		11	0.533
		12	0.577
		13	0.505 (*)
PROM.PONDERADO (HORAS)			0.587

(*) Estimado

FUENTE :

Reportes diarios Jefatura Casa de Celdas.

Refinería de Zinc Electrolítico Cajamarquilla-82

MINERO-PERU.

5.1.19. MANTENIMIENTO Y LIMPIEZA DE CELDAS .-

También es destacable el mantenimiento que se le da a las Celdas Electrofíticas como un parámetro que incide en los otros, para lo cual también se le considera como tal. Este sistema consiste en quitar y limpiar los ánodos dragar la sección de Celdas y cambiar el pórtico de cortocircuitos. Aproximadamente 50 días (este período siendo una función de la densidad de corriente de la casa de Celdas y del contenido de Ca SO_4), los ánodos con depósito de MnO_2 tienen que ser limpiados para evitar cortocircuitos con los cátodos. Para esta limpieza es necesario sacar los ánodos y cátodos para permitir el dragado de la Celda, el aplanado el lavado y la inspección de los ánodos y la sustitución de los aisladores y distanciadores de ánodos en cuanto sea necesario.

En cuanto al pórtico de elevación, es bajado, el cátodo deshojado es retornado sobre el portador de cadena, el fondo de la caja de retención, accionado por pesos de equilibrio, se abre y las placas de Zinc caen en la artesa deflectora abierta en el fondo. Los cátodos deshojados mueven con las cadenas transportadoras.

Cuando la parte de almacenamiento del transportador contiene una carga entera de 24 cátodos, los mismos sonto mados por la segunda grúa de Celdas y transportados al transportador de cepillado.

En la misma manera como para el Stripping, los cátodos son ahora transportados a través de la estación de cepillado. Uno después de otro, los cátodos son elevados y levantados entre dos cepillos rotativos. Después del cepillado, los cátodos son puestos encima del transportado

dor y marchan con el mismo. Cuando una carga entera de 24 cátodos (deshojados y cepillados) esfa lista, la -- misma puede ser tomada por la grúa de Celdas y retornar a las Celdas.

La grúa de Celdas, eleva alternativamente cátodos pares o impares (cada vez 24) de cada una de las Celdas y de posita los mismos sobre el transportador de la unidad de Stripping. Después la grúa de Celdas se desplaza al -- transportador de la unidad de cepillado, toma cátodos - deshojados y cepillados (cada vez 24) y deposita los mismos en la misma Celda.

El transportador cargado con 24 cátodos alimenta la máquina de Stripping (están previstas 4 unidades). Los -- transportadores tienen cadenas de rodillas como elemento principal. Cada uno de los transportadores de Stripping (o de cepillado) se mueve sucesivamente cogiendo un cá todo a la vez y moviéndolo por debajo del pórtico de - Stripping (o de cepillado). El pórtico de Stripping to - ma automáticamente un cátodo y eleva el mismo hasta - que los operadores (uno en cada uno de los lados) pue - dan iniciar el proceso de Stripping. Después, el cátodo es bajado y después de la colocación de los cuchillos, - el pórtico eleva el mismo, hasta que esté completamen - te terminado el proceso de Stripping. Las placas de -- Zinc caen contra las parillas protectoras y hacia abajo - entre los ramales del transportador en la caja de retención instalada en el fondo del pórtico de elevación.

5.1.20. CUBICACION DE TANQUES.--

El conocimiento de todos los tanques, como así también - los factores del mismo, es primordial en el manejo opera --

cional en la Casa de Celdas, aparte de ello facilitará para hacer los inventarios mensuales. Del trabajo "Cubicación de Tanques en la Sección 70", sacamos el siguiente extracto que nos dará una pauta sobre lo que se refiere al control operacional de este parámetro gravitante.

Los tanques con que cuenta la División de Electrodeposición Fusión y Moldeo, mostrados a continuación :

- 1.- Tanque de Almacenamiento de Solución pura :
004-G , 005-G y 006-G
- 2.- Tanque de Almacenamiento de Electrolito Agotado:
073-G y 074-G
- 3.- Tanque de Efluentes :
193-G
- 4.- Tanque de Agua de Refrigeración del Sistema de -
Purga:
180-G
- 5.- Tanque de Combustible :
210-G
- 6.- Tanque de Circulación de Electrolito :
048,049,050,051,052,063,064 y 065-G
- 7.- Tanque de Agua de Lavado de Grúas
150-G
- 8.- Tanque de Purgas :
188-G
- 9.- Tanque de Carbonato de Estroncio :
093-G
- 10.- Tanque de Silicato de Sodio y Regaliz
093-G

11.- Tanque de Gelatina :

096-G y 097-G

12.- Tanque de Agua de Cepilladora :

182 - G

13.- Tanque de Agua para Lavado de Torres de Enfriamiento :

155 - G

14.- Tanque de Lodos :

090-G

Apoyando técnicamente al control operacional insertamos los factores de tanques obtenidos de la práctica con apoyo del cálculo analítico.

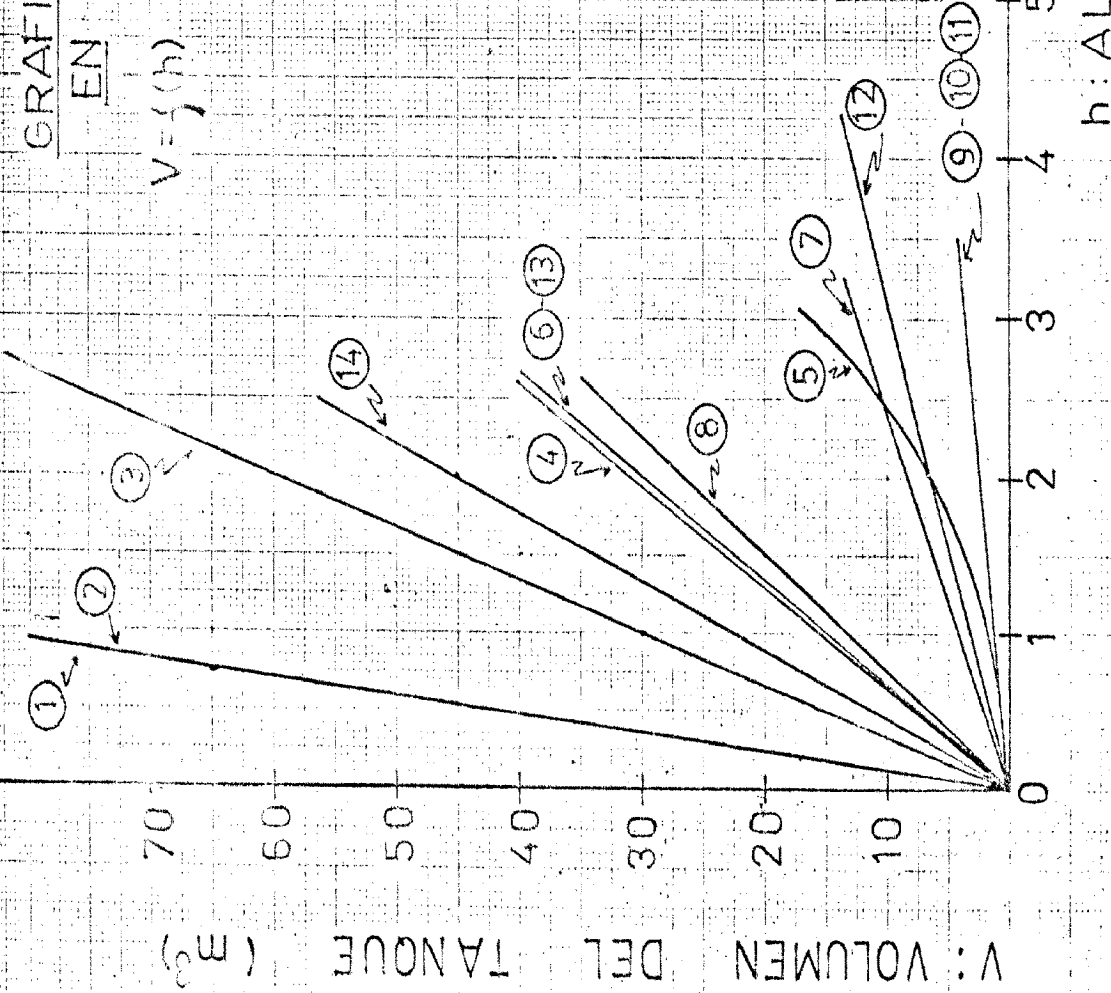
N°	FACTOR DE TANQUE (M ²)	VOLUMEN(M ³)y/o G.
01	86.5900	1,000.00
02	86,5900	1,000.00
03	22.3500	100.00
04	15.5633	39.00
05	507.8125	1,300.00 Gal.
06	15.1980	62.00
07	4.4488	11.50
08	13.0800	30.00
09	1.5306	3.00
10	1.5306	3.00
11	1.5196	3.00
12	3.2379	5.50
13	15.1980	62.00
14	19.5604	54.00

GRAFICO DE VOLUMENES DE TANQUES EN FUNCION DE SUS ALTURAS

$$V = f(h)$$

TANQUES EN LA SECCION 70

N°	VOL. m ³	TANQUE DE:
1	1000	Solucion Pura
2	1000	Electrolito Agot.
3	100	Efluentes
4	39	Agua de Refrig.
5	1300 Gals	Combustible
6	62	Circulac. Elec.
7	11.50	Agua Lavado Grúa
8	30	Purgas.
9	3	Carbonatos de Sr
10	3	Silicato y Regal
11	3	Gelatina
12	55	Agua de Cepillad.
13	62	Lavado de Torres
14	54	Lodos.



6.0 PROGRAMAS COMPUTACIONALES FUNDAMENTALES

Enlistamos los Programas Computacionales que se procesan, ellos constituyen el "Software Electrolítico del Zinc", lo cual nos dará la pauta amplia en cuanto a Estrategia Computacional nos referimos, ellos son a saber :

- 1.- Correlación Empírica de Primer grado.
- 2.- Correlación Empírica Parabólica
- 3.- Correlación Empírica Logarítmica (I)
- 4.- Correlación Empírica Potencial
- 5.- Correlación Empírica Logarítmica (II)
- 6.- Correlación Empírica Exponencial
- 7.- Correlación Empírica Hiperbólica (I)
- 8.- Correlación Empírica Radical Cuadrática
- 9.- Correlación Empírica Hiperbólica (II)
- 10.- Correlación Empírica Logarítmica (III) a
- 11.- Correlación Empírica Polinomial Cúbica
- 12.- Equivalentes Electroquímicos
- 13.- Consumo de Energía (KWH)
- 14.- Kiloamperaje Hora Total (KampH)
- 15.- Tiempo de Electrodeposición
- 16.- Producción Diaria de Láminas de Zinc
- 17.- Optimización Correlacional
- 18.- Plan Maestro de Optimización de los Parámetros Gravitantes
- 19.- Coeficiente de Correlación
- 20.- Correlación Empírica Logarítmica (III) b
- 21.- Correlación Empírica Parabólica.

6.1 CORRELACIONES EMPIRICAS DE PRIMER GRADO

6.1.1. ECUACION EMPIRICA LINEAL :

$$Y = A + B \cdot X$$

6.1.2. OBJETIVO :

La de generar una Ecuación empírica de primer grado de tal manera que gobierne dos variables electroquímicas - cualesquiera.

6.1.3. ALGORITMO UTILIZADO :

Para lograr nuestra meta apelamos al método del Análisis de Regresión o conocido más comunmente como método - de los Mínimos Cuadrados.

6.1.4. DATOS DE ENTRADA :

Los datos de entrada con que se alimenta al computador- son las dos variables electroquímicas, a los cuales asigna^{mos} mos a una de ellas como "X" y la otra como "Y".

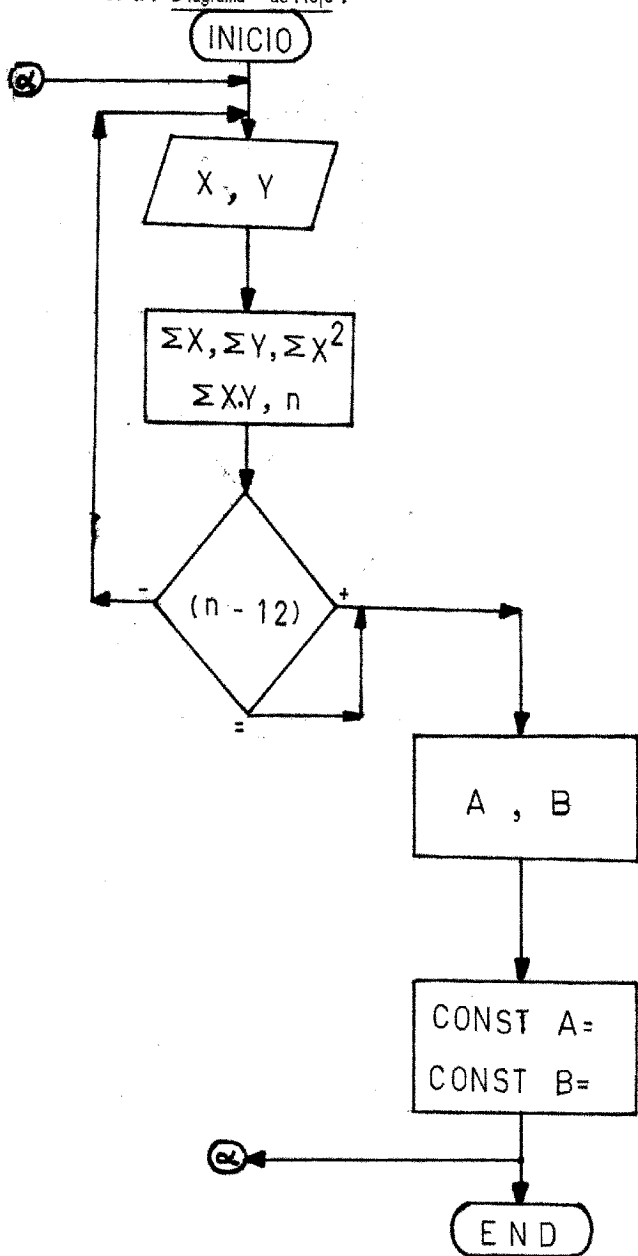
6.1.5. DATOS DE SALIDA :

Los resultados que saldrán serán las constantes A y la B, - que son características para cada par de variables electro^{químicas} químicas con las cuales vertimos a la tolva de alimenta^{ción} ción del computador.

6.1.6. NOMENCLATURA :

Para esta parte remitimos a la sección titulada como Nomenclatura Global.

6.1.7. Diagrama de Flujo :



6.1.8. LISTADO COMPUTACIONAL :

6.1.8.1. Asignación a Memorias :

<u>Variable</u>	<u>Memoria</u>	<u>Variable</u>	<u>Memoria</u>
X	_____ (1)	Σ XY	_____ (6)
Y	_____ (2)	n	_____ (7)
Σ X	_____ (3)	A	_____ (8)
Σ Y	_____ (4)	B	_____ (9)
Σ X ²	_____ (5)		

6.1.8.2. Programa Computacional;

Scientific Calculator Casio FX-201P

MAC

ST # 1 :

ENT (1) : (2) :

(3) = (3) + (1) :

(4) = (4) + (2) :

(5) = (1) \times (1) + (5) :

(6) = (1) \times (2) + (6) :

(7) = (7) + K1 :

GOTO 1 :

MJ

(8) = (3) \times (3) :

(8) = (7) \times (5) - (8) :

(9) = (3) \times (4) :

(9) = (7) \times (6) - (9) \div (8) :

(8) = (9) \times (3) \div (4) \div (7) :

ANS (8) : (9) :

ST # 2 :

ENT (1) :

(2) = (1) \times (9) + (8) :

ANS (2) :

ANS (2) :

2. CORRELACION EMPIRICA PARABOLICA.-

6.2.1. ECUACION EMPIRICA PARABOLICA :

$$Y = A + B \cdot X + C \cdot X^2$$

6.2.2. OBJETIVO :

La de generar una Ecuación Empírica de Segundo Grado, - de tal manera que gobierne dos variables electroquímicas.

6.2.3. ALGORITMO UTILIZADO :

Para lograr nuestro blanco, apelamos al método del Análisis de Regresión o conocido comunmente como método de los Mínimos Cuadrados.

6.2.4. DATOS DE ENTRADA :

Los datos de entrada son las dos variables electroquímicas a los cuales nuevamente asignamos a una de ellas "X" y a la otra como "Y".

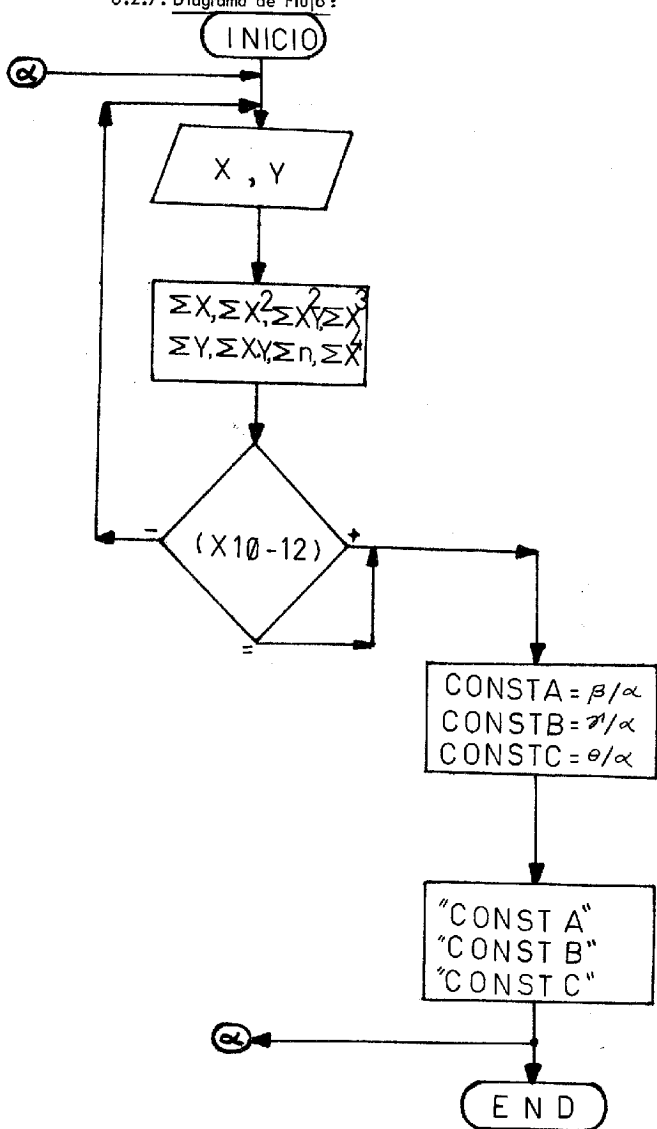
6.2.5. VALORES DE SALIDA :

Los resultados que arrojarán, serán en este caso las constantes A, B y C, que son peculiares para cada par de variables electroquímicas, que se alimenta al computador.

6.2.6. NOMENCLATURA :

Para ver esta parte, sugerimos leer en la parte asignada - como Nomenclatura Global.

6.2.7. Diagrama de Flujo :



6.3. CORRELACION EMPIRICA LOGARITMICA (I)

6.3.1. ECUACION EMPIRICA LOGARITMICA (I) :

$$Y = A \cdot 10^{B \cdot X}$$

6.3.2. OBJETIVO :

La de generar una Ecuación Empírica de tendencia logarítmica, de tal manera que gobierne dos variables electroquímicas.

6.3.3. ALGORITMO UTILIZADO :

Para lograr nuestros propósitos, echamos mano al método del análisis de Regresión o conocido comunmente como método de los Mínimos Cuadrados.

6.3.4. DATOS DE ENTRADA :

Los datos de entrada son las dos variables electroquímicas a las cuales nuevamente asignamos a una como "X", y a la otra como "Y".

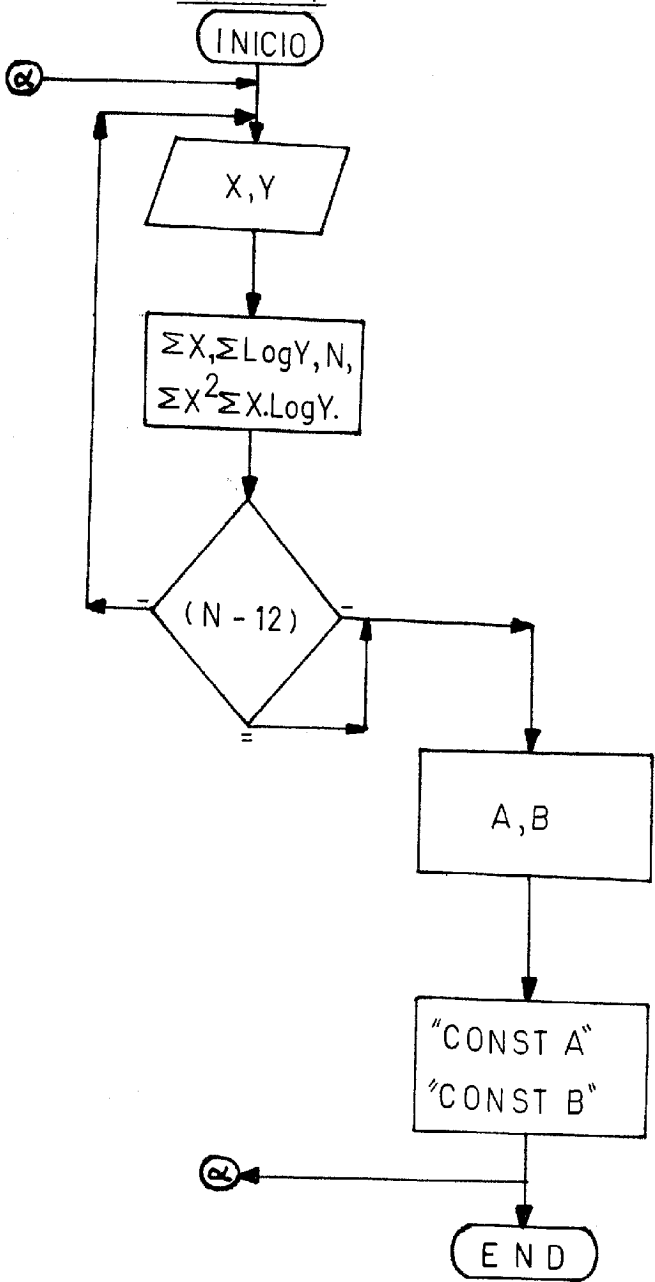
6.3.5. VALORES DE SALIDA :

Los resultados que obtendremos por la tolva de salida, serán las constantes A y B, que como en el caso precedente, son propias para cada dueto de variables electroquímicas, con la que se alimenta el computador.

6.3.6. NOMENCLATURA :

Para ver esta parte remitimos a la sección titulada como Nomenclatura Global.

6.3.7. Diagrama de Flujo :



6.3.8. LISTADO COMPUTACIONAL :

6.3.8.1. Asignación a Memorias :

<u>Variable</u>	<u>Memoria</u>	<u>Variable</u>	<u>Memoria</u>
X	—— (1)	n	—— (7)
Y	—— (2)	A	—— (9)
ΣX	—— (3)	B	—— (8)
ΣX^2	—— (4)		
$\Sigma \text{Log } Y$	—— (5)		
$\Sigma X \text{Log } Y$	—— (6)		

6.3.8.2. Programa Computacional :

Scientific Calculator Casio FX-201P

MAC

ST # 1 :

ENT (1) : (2) :

(3) = (1) + (3) :

(4) = (1) x (1) + (4) :

(5) = (2) Log. + (5) :

(0) = (2) Log:

(6) = (1) x (0) + (6) :

(7) = (7) + K 1 :

GOTO 1 :

MJ

(9) = (3) x (3) :

(9) = (7) x (4) - (9) :

(8) = (3) x (5) :

(8) = (7) x (6) - (8) :

(8) = (8) ÷ (9) :

(0) = (8) x (3) :

(9) = (5) - (0) :

(9) = (9) ÷ (7) :

(9) = (9) 10^x :

ANS (9) : (8) :

6.4 CORRELACION EMPIRICA POTENCIAL . -

6.4.1. ECUACION EMPIRICA POTENCIAL :

$$Y = A \cdot X^B$$

6.4.2. OBJETIVO :

La de generar una Ecuación Empírica Potencial de tal manera que gobierné dos variables electroquímicas cualesquiera.

6.4.3. ALGORITMO UTILIZADO :

Para lograr nuestra meta, apelamos al método del análisis de Regresión o conocido mas comunmente como método de los Mínimos Cuadrados.

6.4.4. DATOS DE ENTRADA :

Los datos de entrada con que se alimenta al computador, son las dos variables electroquímicas, a las cuales asignamos a una de ellas como "X" y a la otra como "Y".

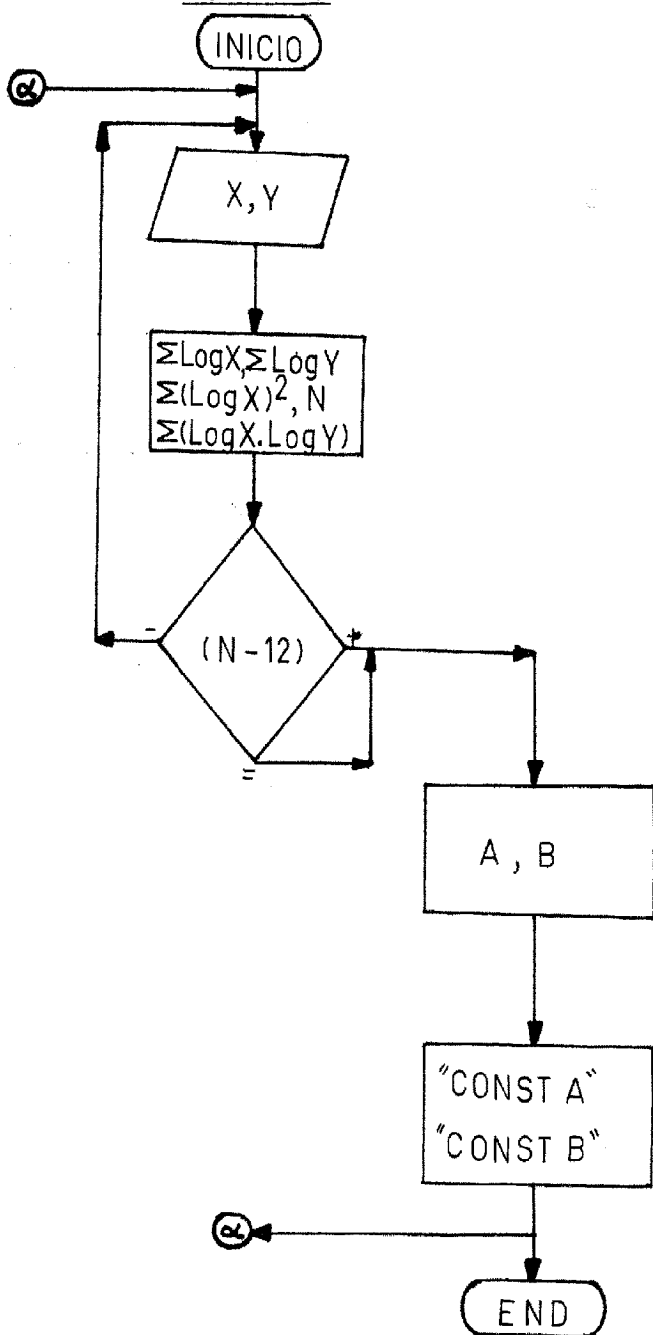
6.4.5. DATOS DE SALIDA :

Los resultados que saldrán serán las constantes A y B , que son particulares para cada par de variables electroquímicas, con las cuales vertimos a la tolva de alimentación del computador.

6.4.6. NOMENCLATURA :

Para esta parte remitimos a la sección titulada como Nomenclatura Global.

6.4.7. Diagrama de Flujo:



6.4.8. LISTADO COMPUTACIONAL :

6.4.8.1. Asignación a Memorias :

<u>Variable</u>	<u>Memoria</u>	<u>Variable</u>	<u>Memoria</u>
X	—— (1)	n	—— (7)
Y	—— (2)	B	—— (8)
$\Sigma \text{ Log X}$	—— (3)	A	—— (0)
$\Sigma \text{ Log Y}$	—— (4)		
$\Sigma (\text{Log X})^2$	—— (5)		
$\Sigma \text{ Log X} \cdot \text{Log Y}$	—— (6)		

6.4.8.2. Programa Computacional :

Scientific Calculator Casio FX-201P

MAC

ST # 1 :

ENT (1) : (2) :

(0) = (1) Log :

(3) = (0) + (3) :

(9) = (2) Log :

(4) = (4) + (9) :

(5) = (0) x (0) + (5) :

(6) = (0) x (9) + (6) :

(7) = (7) + K1 :

GOTO 1 :

MJ

(0) = (3) x (3) :

(0) = (7) x (5) - (0) :

(9) = (3) x (4) :

(8) = (7) x (6) - (9) :

(8) = (8) / (0) :

(0) = (8) x (3) :

(0) = (4) - (0) :

(9) = (0) / (7) :

(0) = (9) 10^x :

ANS (8) : (0) :

6.5. CORRELACION EMPIRICA LOGARITMICA (II)

6.5.1. ECUACION EMPIRICA LOGARITMICA (II)

$$\text{LOG. Y} = A + \frac{B}{X}$$

6.5.2. OBJETIVO :

La de generar una Ecuación Empírica Logarítmica de tal manera que gobierne dos variables electroquímicas cualesquiera de las existentes.

6.5.3. ALGORITMO UTILIZADO :

Para lograr nuestro objetivo apelamos al método del análisis de Regresión o conocido mas comunmente como método de los Mínimos Cuadrados.

6.5.4. DATOS DE ENTRADA :

Los datos que entran a la tolva de alimentación, son las dos variables electroquímicas cualesquiera, a las cuales nuevamente asignamos a una de ellas como "X" y a la otra como "Y".

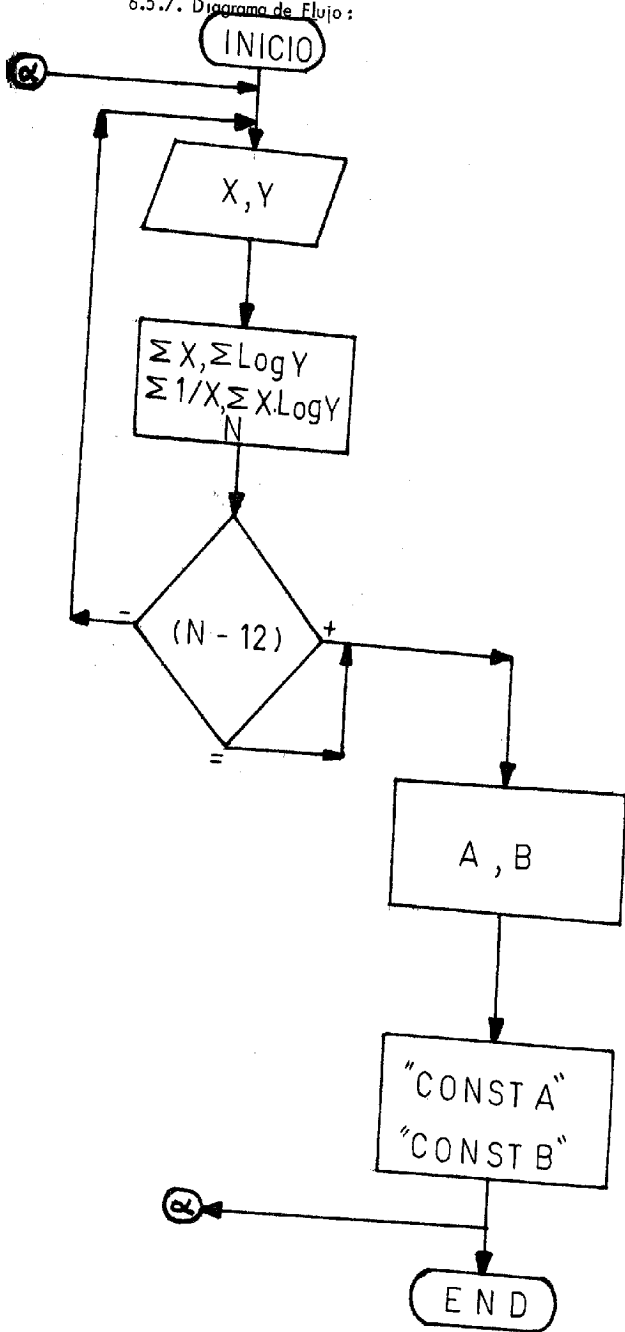
6.5.5. VALORES DE SALIDA :

Los resultados que arrojará el computador por la tolva de salida son las constantes A y B, que son peculiares para cada par de variables electroquímicas que se analiza su incidencia y a la vez se alimenta al computador.

6.5.6. NOMENCLATURA :

Para ver esta parte sugerimos al lector ir a la parte asignada como Nomenclatura Global.

6.5.7. Diagrama de Flujo:



6.5.8. LISTADO COMPUTACIONAL :

6.5.8.1. Asignación a Memorias :

<u>Variables</u>	<u>Memorias</u>	<u>Variables</u>	<u>Memorias</u>
X	—— (1)	$\Sigma X \text{Log}.Y$	—— (6)
Y	—— (2)	n	—— (7)
ΣX	—— (3)	B	—— (8)
$\Sigma 1/X$	—— (4)	A	—— (9)
$\Sigma \text{Log}Y$	—— (5)		

6.5.8.2. Programa Computacional :

Scientific Calculator Casio FX-201P

MAC

ST # 1 :

ENT (1) : (2) :

(3) = (1) + (3) :

(0) = K1 / (1) :

(4) = (4) + (0) :

(0) = (2) Log :

(5) = (0) + (5) :

(6) = (0) x (1) + (6) :

(7) = K1 + (7) :

GOTO 1 :

MJ

(9) = (3) x (4) :

(9) = (7) x (7) = (9) :

(8) = (3) x (5) :

(8) = (7) x (6) - (8) :

(8) = (8) / (9) :

(0) = (4) x (8) :

(0) = (5) - (0) :

(9) = (0) / (7) :

ANS (8) : (9) :

6.6 CORRELACION EMPIRICA EXPONENCIAL .-

6.6.1 ECUACION EMPIRICA EXPONENCIAL:

$$Y = A.B^X$$

6.6.2 OBJETIVO :

La de generar una Ecuación Empírica Exponencial de tal manera que gobierne dos variables electroquímicas cualesquiera de las existentes.

6.6.3 ALGORITMO UTILIZADO :

Para lograr nuestro objetivo, apelamos al método del análisis de Regresión, conocido mas comúnmente como método de los mínimos Cuadrados.

6.6.4 DATOS DE ENTRADA :

Los datos que entran a la tolva de alimentación, son las dos variables electroquímicas cualesquiera a las cuales nuevamente asignamos a una de ellas como "X" y a la otra "Y".

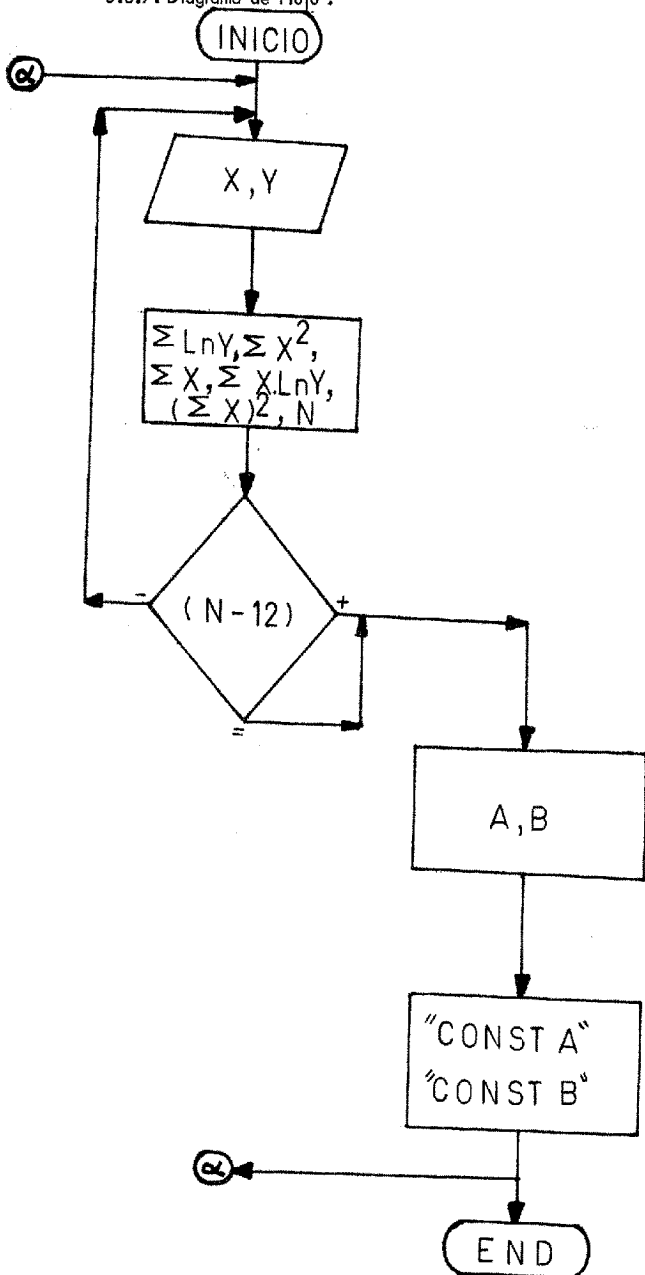
6.6.5 VALORES DE SALIDA :

Los resultados que arrojará el computador por la tolva de salida son las constantes A y B, que son peculiares para cada par de variables electroquímicas, que se analiza su incidencia y a la vez se alimenta al computador.

6.6.6 NOMENCLATURA :

Para ver esta parte sugerimos al lector ir a la parte asignada como nomenclatura global.

6.6.7. Diagrama de Flujo :



6.6.8. LISTADO COMPUTACIONAL .-

6.6.8.1. Asignación a Memorias :

<u>Variables</u>	<u>Memorias</u>	<u>Variables</u>	<u>Memorias</u>
X	— (1)	$\sum X \ln Y$	— (6)
Y	— (2)	$(\sum X)^2$	— (7)
$\sum \ln Y$	— (3)	A	— (8)
$\sum X^2$	— (4)	n	— (0)
$\sum X$	— (5)	B	— (9)

6.6.8.2. Programa Computacional :

Scientific Calculator Casio FX-201P

MAC

AT # 1 :

ENT (1) : (2) :

(8) = (2) Ln :

(3) = (8) + (3) :

(4) = (1) x (1) + (4) :

(5) = (1) + (5) :

(6) = (8) x (1) + (6) :

(0) = (0) + K 1 :

GOTO 1 :

MJ

(1) = (3) x (4) :

(2) = (5) x (6) :

(8) = (1) - (2) :

(9) = (0) x (4) :

(7) = (5) x (5) :

(9) = (9) - (7) :

(2) = (8) / (9) :

(8) = (2) e^X :

(1) = (2) x (0) :

(9) = (3) - (1) / (5) :

(9) = (9) e^X :

ANS (8) : (9) :

6.7. CORRELACION EMPIRICA HIPERBOLICA (I)

6.7.1. ECUACION EMPIRICA HIPERBOLICA (I) :

$$Y = A + \frac{B}{X}$$

6.7.2. OBJETIVO :

La de generar una Ecuación Empírica Hiperbólica de tal manera que gobierne dos variables electroquímicas, cualesquiera de las existentes.

6.7.3. ALGORITMO UTILIZADO :

Para lograr nuestros propósitos, echamos mano al método del análisis de Regresión conocido mas comunmente como método de los Mínimos Cuadrados.

6.7.4. DATOS DE ENTRADA :

Los datos que se procesan, son las dos variables electroquímicas cualesquiera a las cuales en este caso asignamos a una de ellas como "X" y a la otra como "Y".

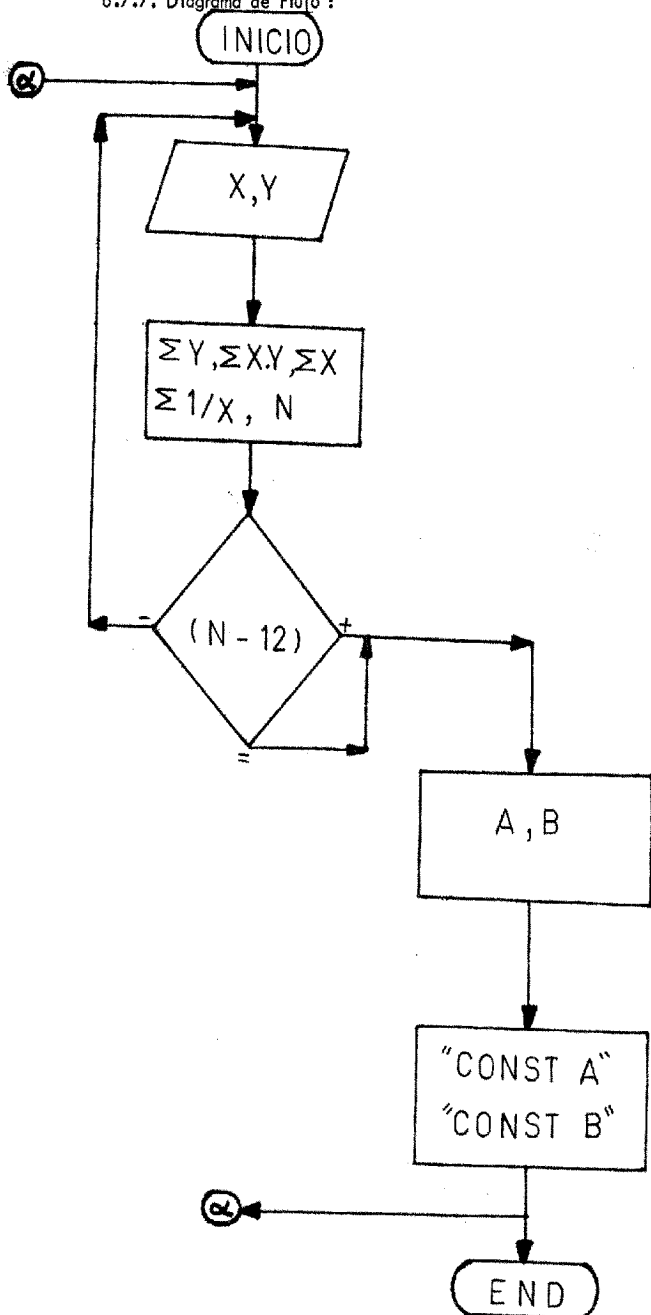
6.7.5. VALORES DE SALIDA :

Los resultados que arrojará el computador por la tolva de salida, son las constantes A y B, que son particulares para cada par de variables electroquímicas que se analiza su incidencia y a la vez se alimenta al computador.

6.7.6. NOMENCLATURA :

Para ver esta parte, sugerimos al lector, ir a la parte asignada como Nomenclatura Global.

6.7.7. Diagrama de Flujo :



6.7.8. LISTADO COMPUTACIONAL :

6.7.8.1. Asignación a Memorias :

<u>Variable</u>	<u>Memorias</u>	<u>Variable</u>	<u>Memorias</u>
X	— (1)	$\sum X$	— (6)
Y	— (2)	n	— (7)
$\sum Y$	— (3)	A	— (8)
$\sum XY$	— (4)	B	— (9)
$\sum 1/X$	— (5)		

6.7.8.2. Programa Computacional :

Scientific Calculator Casio FX-201P

MAC

ST # 1 :

ENT (1) : (2) :

(3) = (2) + (3) :

(6) = (1) + (6) :

(5) = K1 / (1) + (5) :

(4) = (1) x (2) + (4) :

(7) = (7) + K 1 :

GOTO 1 :

MJ

(0) = (7) x (3) :

(8) = (4) x (5) :

(0) = (0) - (8) :

(9) = (7) x (7) :

(1) = (6) x (5) :

(9) = (9) - (1) :

(8) = (0) / (9) :

(2) = (8) x (7) :

(2) = (3) - (2) :

(9) = (2) / (5) :

ANS (8) : (9) :

6.8. CORRELACION EMPIRICA RADICAL CUADRATICA .-

6.8.1. ECUACION EMPIRICA RADICAL CUADRATICA :

$$Y = A \sqrt{X}$$

6.8.2. OBJETIVO :

La de generar una Ecuación Empírica de tendencia radical cuadrática, de tal modo que gobierne dos variables electroquímicas cualesquiera, de las existentes.

6.8.3. ALGORITMO UTILIZADO :

Para lograr nuestros propósitos apelamos al método del análisis de Regresión conocido como método de los Mínimos Cuadrados.

6.8.4. DATOS DE ENTRADA :

Los datos de entrada que se procesan, son las dos variables electroquímicas cualesquiera, a los cuales como en los casos precedentes, asignamos como "X" a una de ellas, y a la otra como "Y".

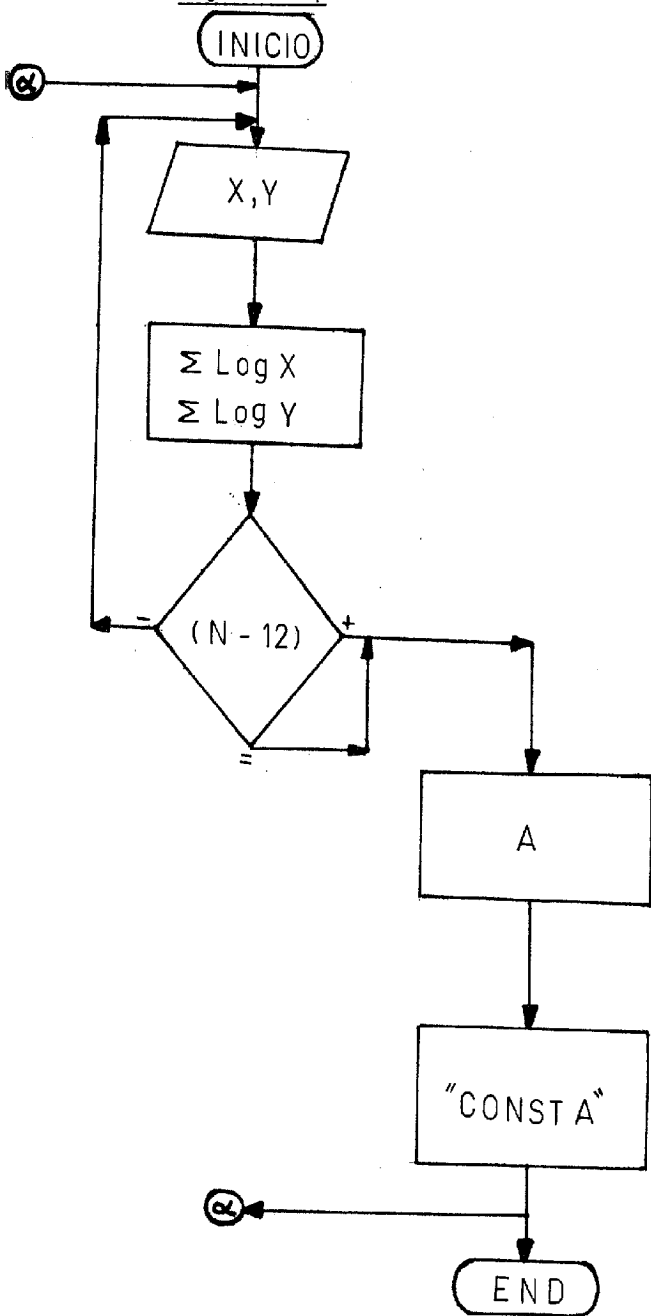
6.8.5. VALORES DE SALIDA :

Los resultados que arrojará el computador por la tolva de salida, es únicamente la constante A, que es característica para cada par de variables electroquímicas, que se analiza, se procesa y se alimenta al computador.

6.8.6. NOMENCLATURA :

Para esta parte remitimos al lector ir a la parte asignada como Nomenclatura Global.

o.8.7. Diagrama de Flujo :



6.8.8. LISTADO COMPUTACIONAL :

6.8.8.1. Asignación a Memorias :

<u>Variable</u>	<u>Memoria</u>	<u>Variable</u>	<u>Memoria</u>
X	— (1)	n	— (5)
Y	— (2)	A	— (7)
$\Sigma \text{ Ln Y}$	— (3)		
$\Sigma \text{ Ln X}$	— (4)		

6.8.8.2. Programa Computacional :

Scientific Calculator Casio FX-201P

MAC

ST # 1 :

ENT (1) : (2) :

(2) = (2) Ln :

(3) = (2) + (3) :

(1) = (1) Ln :

(4) = (1) + (4) :

(5) = (5) + K 1 :

GOTO 1 :

MJ

(6) = K2 X (3) :

(7) = (6) - (4) :

(8) = K 2 x (5) :

(6) = (7) / (8) :

(7) = (6) e^x :

ANS (7) :

6.9. CORRELACION EMPIRICA HIPERBOLICA (II)

6.9.1. ECUACION EMPIRICA HIPERBOLICA (II)

$$Y = \frac{X}{A + B \cdot X}$$

6.9.2. OBJETIVO :

La de generar una Ecuación Empírica Hiperbólica de tal manera que gobierne dos variables electroquímicas cualesquiera de las existentes.

6.9.3. ALGORITMO UTILIZADO :

Para lograr nuestros objetivos, apelamos al método del análisis de Regresión, conocido como método de los Mínimos Cuadrados.

6.9.4. DATOS DE ENTRADA :

Los datos que se procesan, son las dos variables electroquímicas cualesquiera, a los cuales como decíamos anteriormente, asignamos como "X" a una de ellas y a la otra como "Y".

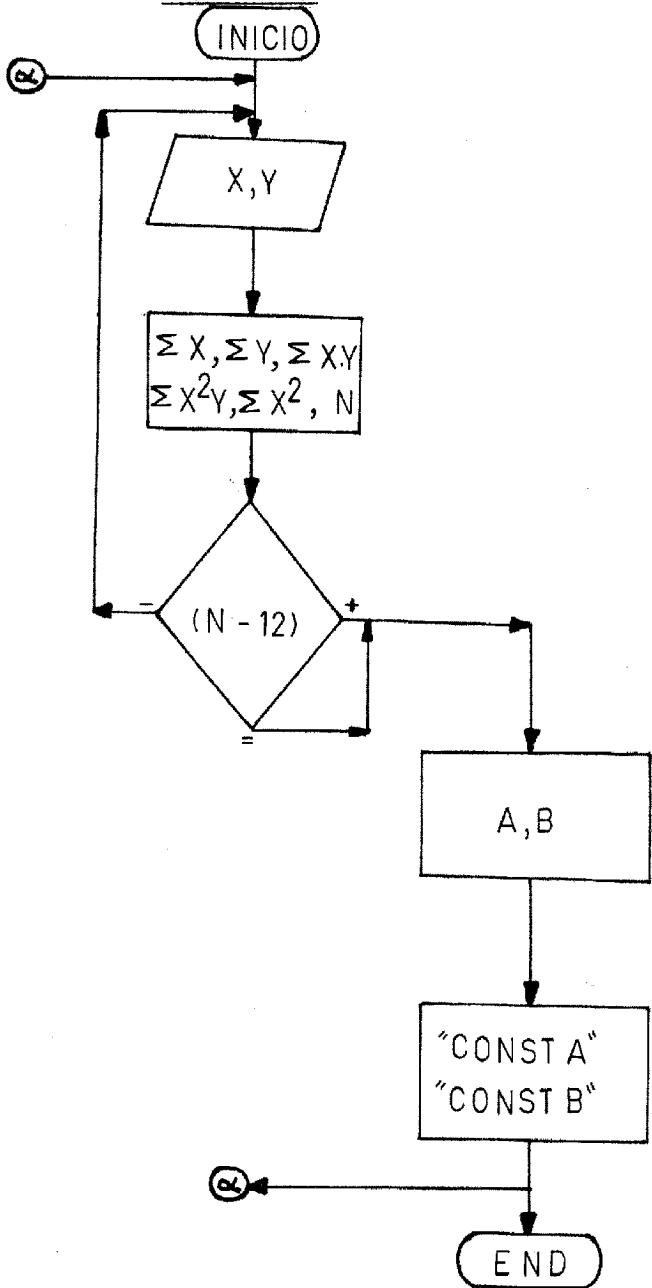
6.9.5. VALORES DE SALIDA :

Los resultados que arrojará el computador por la tolva de salida, es únicamente las constantes A y B, que son peculiares para cada dueto de variables electroquímicas que satisficará para hallar la configuración de la Ecuación empírica.

6.9.6. NOMENCLATURA :

Para esta parte remitimos al lector a ir a la parte asignada como Nomenclatura Global.

6.9.7. Diagrama de Flujo :



6.9.8. LISTADO COMPUTACIONAL :

6.9.8.1. Asignación de Memorias :

<u>Variable</u>	<u>Memoria</u>	<u>Variables</u>	<u>Memoria</u>
X	— (1)	$\Sigma X^2 Y$	— (6)
Y	— (2)	ΣX^2	— (7)
ΣX	— (3)	A	— (0)
ΣY	— (4)	B	— (9)
ΣXY	— (5)		

6.9.8.2. Programa Computacional :

Scientific Calculator Casio FX-201P

MAC

ST # 1 :

ENT (1) : (2) :

(3) = (1) + (3) :

(4) = (2) + (4) :

(5) = (1) × (2) + (5) :

(6) = (1) × (1) × (2) + (6) :

(7) = (1) × (1) + (7) :

GOTO 1 :

MJ

(8) = (3) × (6) :

(0) = (5) × (7) :

(8) = (8) - (0) :

(9) = (4) × (6) :

(0) = (5) × (5) :

(9) = (9) - (0) :

(0) = (8) / (9) :

(8) = (0) × (4) :

(8) = (3) - (8) :

(9) = (8) / (5) :

ANS (0) : (9) :

6.10 CORRELACION EMPIRICA LOGARITMICA .-

6.10.1. ECUACION EMPIRICA LOGARITMICA (III):

$$Y = A + B. \ln X$$

6.10.2. OBJETIVO :

La de generar una Ecuación Empírica Logarítmica de tal manera que gobiern dos variables electroquímicas cualesquiera de las existentes.

6.10.3. ALGORITMO UTILIZADO :

Para lograr la meta trazada, se echa mano del método de análisis de Regresión, conocido más comunmente como método de los Mínimos Cuadrados.

6.10.4. DATOS DE ENTRADA :

Los datos que se procesan son las dos variables electroquímicas cualesquiera a los cuales asignamos como "X" a una de ellas, y a la otra como "Y".

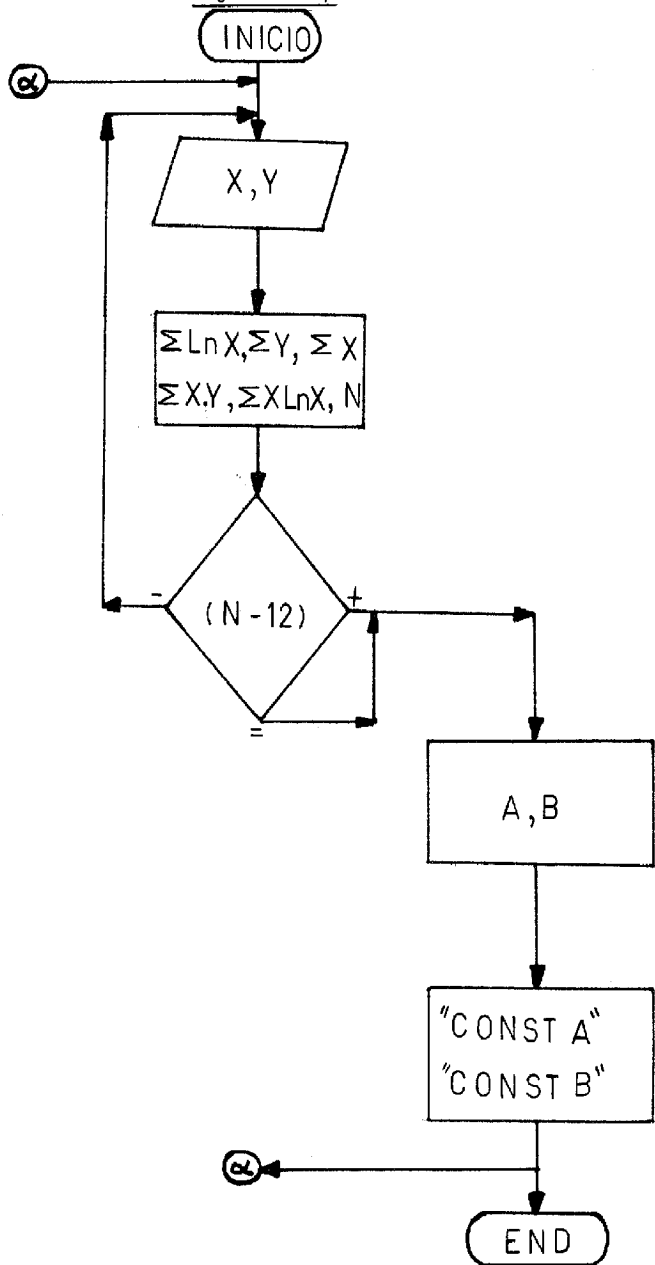
6.10.5. VALORES DE SALIDA :

Los resultados que arroja el computador por su tolva de salida es simple y llanamente las constantes A y B, que son peculiares para cada dueto de variables electroquímicas satisfaciéndola plenitud y permitiéndonos hacer la configuración de la ecuación.

6.10.6. NOMENCLATURA :

Lo concerniente a este ítem, remitimos al lector a Nomenclatura Global.

o.10.7. Diagrama de Flujo :



6.10.8. LISTADO COMPUTACIONAL :

6.10.8.1. Asignación de Memoria :

<u>Variable</u>	<u>Memoria</u>	<u>Variable</u>	<u>Memoria</u>
X	— (1)	ΣX	— (6)
Y	— (2)	$\Sigma X \text{Ln} X$	— (8)
$\Sigma \text{Ln} X$	— (4)	n	— (9)
ΣY	— (3)		
ΣXY	— (5)		

6.10.8.2. Programa Computacional :

Scientific Calculator Casio FX-201P

MAC

ST # 1 :

ENT (1) : (2) :

(3) = (2) + (3) :

(0) = (1) Ln :

(4) = (0) + (4) :

(5) = (1) x (2) + (5) :

(6) = (1) + (6) :

(8) = (0) x (1) + (8) :

(9) = K1 + (9) :

GOTO 1 :

MJ

(1) = (3) x (8) :

(0) = (5) x (4) :

(2) = (9) x (8) :

(5) = (6) x (4) :

(1) = (1) - (0) :

(2) = (2) - (5) :

(1) = (1) / (2) :

(9) = (9) x (1) :

(7) = (3) - (9) :

(7) = (7) / (4) :

ANS (1) : (7) :

6.11. CORRELACION EMPIRICA POLINOMIAL CUBICA .-

6.11.1. ECUACION EMPIRICA POLINOMIAL CUBICA :

$$Y = A + B \cdot X^3$$

6.11.2. OBJETIVO :

La de generar una ecuación empírica polinomial de tal manera que gobierne dos variables electroquímicas cualesquiera de las existentes.

6.11.3. ALGORITMO UTILIZADO :

Para lograr la meta trazada, se echa mano del método del -- análisis de Regresión, conocido más comúnmente como método de los Mínimos Cuadrados.

6.11.4. DATOS DE ENTRADA :

Los datos de entrada que se procesan, son las dos variables -- electroquímicas cualesquiera, a las cuales asignamos como "X" a una de ellas y a la otra como "Y".

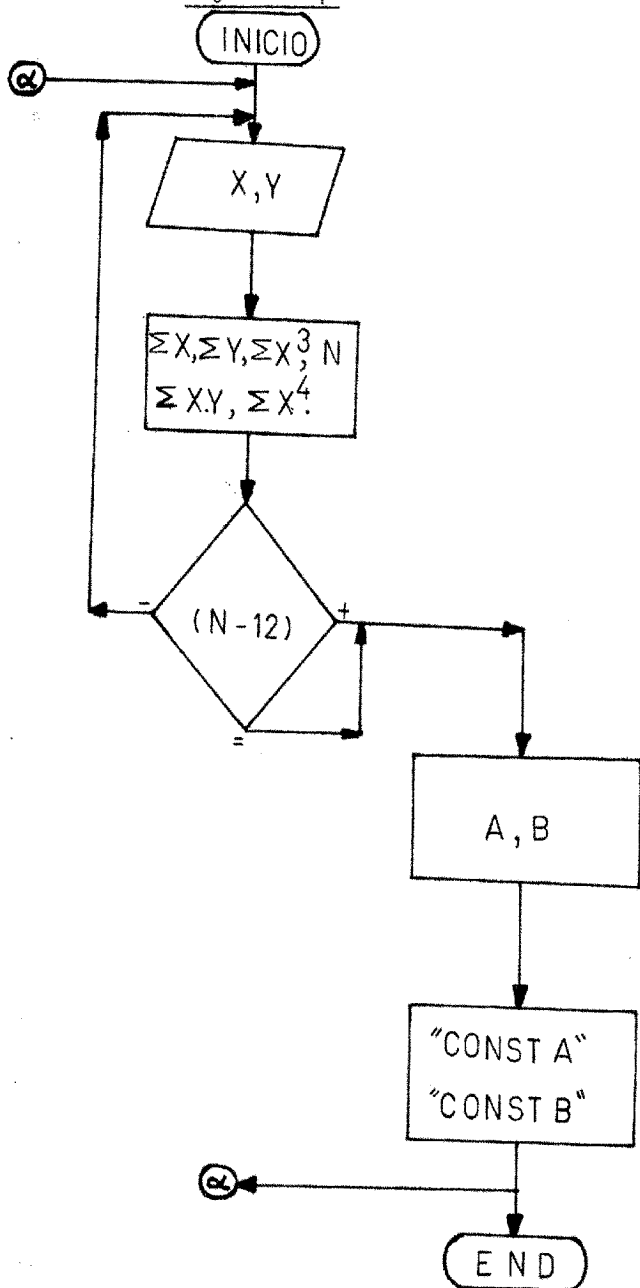
6.11.5. VALORES DE SALIDA :

Los resultados que arroja el computador por su tolva de salida, es simple y llanamente las constantes A y B, que son -- características para cada dueto de variables electroquímicas -- satisfaciendo a plenitud y permitiéndonos hacer la configura -- ción de la ecuación.

6.11.6. NOMENCLATURA :

Lo concerniente a este ítem, se puede ver en la parte asignada como Nomenclatura Global.

6.11.7. Diagrama de Flujo :



6.11.8. LISTADO COMPUTACIONAL :6.11.8.1. Asignación de Memoria :

$$\begin{array}{ll}
 X & \text{--- (1)} \\
 Y & \text{--- (2)} \\
 \Sigma Y & \text{--- (3)} \\
 \Sigma X^3 & \text{--- (4)}
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{ll}
 \Sigma X & \text{--- (5)} \\
 \Sigma XY & \text{--- (6)} \\
 \Sigma X^4 & \text{--- (7)} \\
 n & \text{--- (8)}
 \end{array}$$

6.11.8.2. Programa Computarizado :

MAC

ST # (1) :

ENT (1) : (2) :

(3) = (2) + (3) :

(4) = (1) x (1) x (1) + (4) :

(5) = (1) + (5) :

(6) = (1) x (2) + (6) :

(7) = (1) X^Y K⁴ + (7) :

(8) = K1 + (8) :

GOTO (1) :

MJ

(0) = (7) x (3) :

(1) = (4) x (6) :

(0) = (0) - (1) :

(1) = (7) x (8) :

(2) = (4) x (5) :

(1) = (1) - (2) :

(0) = (0) / (1) :

(2) = (8) x (0) :

(2) = (3) - (2) :

(2) = (2) / (4) :

ANS (0) : (2) :

6.12. EQUIVALENTES ELECTROQUÍMICOS .-

6.12.1. OBJETIVO :

Obtener los equivalentes electroquímicos o constantes electroquímicas de todos los elementos de la Tabla Periódica, expresados en diversas unidades en especial la del Zinc, para poder hacer los cálculos porteros.

6.12.2. ALGORITMO UTILIZADO :

Se usan como algoritmo, las fórmulas analíticas para poder hallar los Equivalentes Electroquímicos a partir de su estado de oxidación, peso atómico, números de Faraday.

6.12.3. DATOS DE ENTRADA :

Se alimenta al computador por su tolva de entrada, el Número atómico (z), Peso Atómico (patom), y la valencia (Estado de oxidación).

6.12.4. VALORES DE SALIDA :

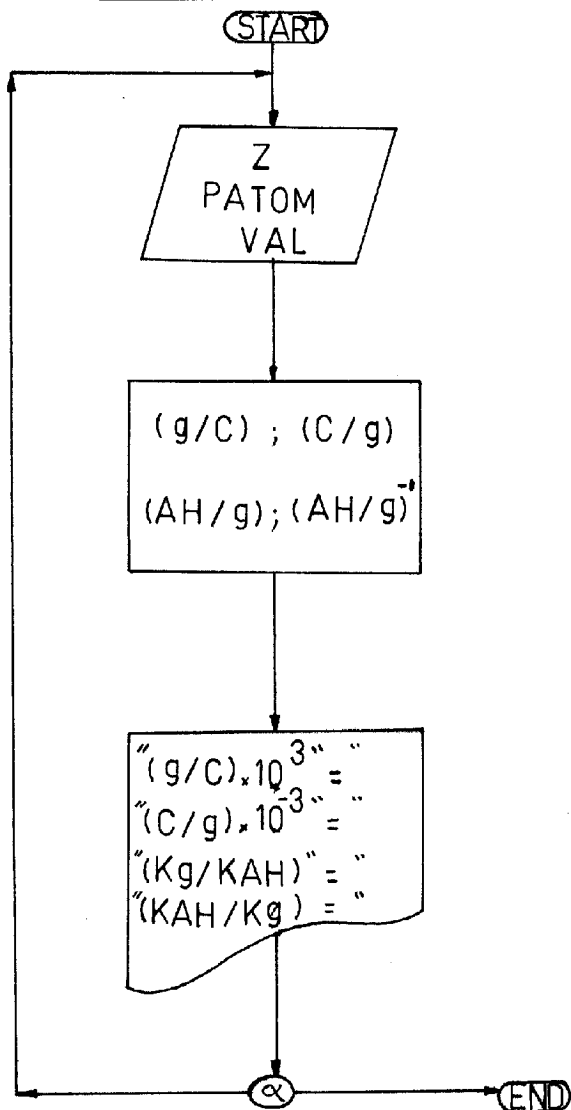
Por la tolva de salida salen los equivalentes electroquímicos en diversas unidades tales como :

(culombios/gramo)	(gramo/culombio)
(gramo/amperioHora)	(amperioHora/gramo)

6.12.5. NOMENCLATURA :

Para este Item, recomendamos trasladarse a la parte asignada como Nomenclatura Global.

6.12.7. Diagrama de Flujo :



6.13. CONSUMO DE ENERGIA (KWH) . -

6.13.1. OBJETIVO :

Calcular el consumo de energía expresado en Kilowathora (KWH), que se controla en Casa de Celdas, Refinería Cajamarquilla, de tal manera que los cálculos a emprender se, sean mas exactos y a la vez cumplir con la meta máxima que nos trazamos, esto es optimizar los parámetros - gravitantes.

6.13.2. ALGORITMO UTILIZADO :

Para lograr nuestros propósitos, debemos proceder al conocimiento de las lecturas de los tranforectificadores, tanto actual como anterior, siendo ellos el 161, 162, 163 y - 164, el Modo operandi se puede encontrar en el Listado-Computacional.

6.13.3. DATOS DE ENTRADA :

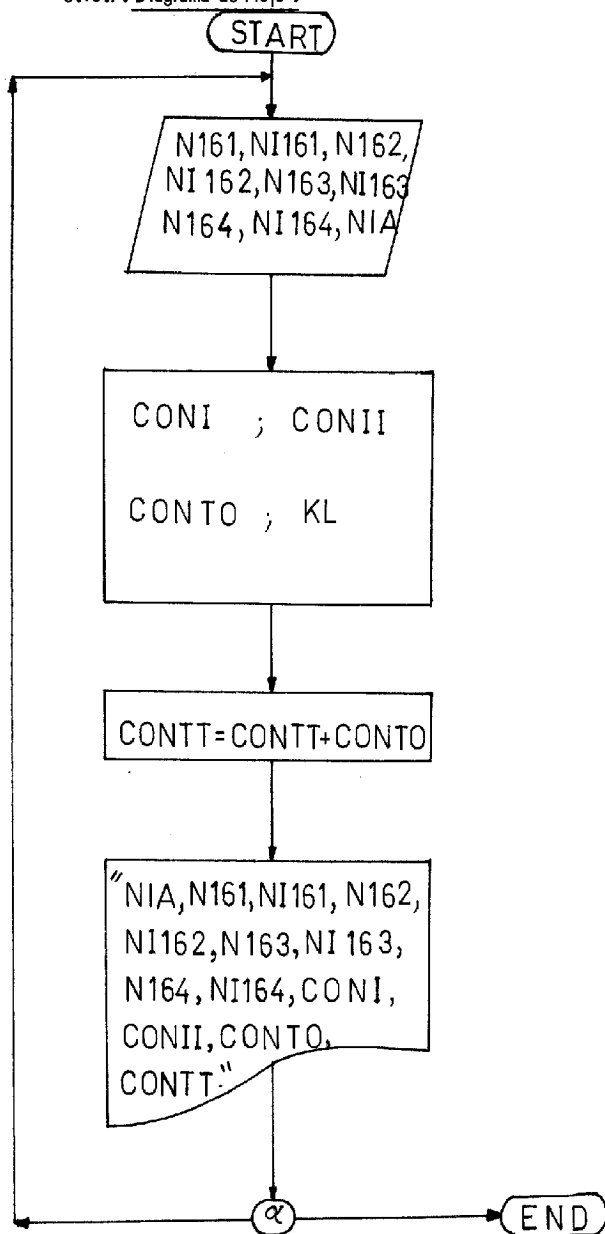
Los datos con que alimentamos al computador por su tolva de entrada, son las lecturas de los tranforectificadores, a parte de ello se consigna los respectivos días que se efectúan las mediciones por los panelistas de Casa de Celdas, además se debe considerar el circuito al que pertenece.

6.13.4. VALORES DE SALIDA :

Los resultados que salen por la tolva de salida, son los consumos por circuito, el consumo total y además el consumo-acumulado mensual que permitirá hacer los inventarios para enviar los informes a Superintendencia.

6.13.5. NOMENCLATURA :

Remitimos a Nomenclatura Global.



6.14. KILOAMPERAJE HORA TOTAL ((KAMPHT)) .-

6.14.1. OBJETIVO :

Poder cuantificar el consumo de corriente eléctrica por hora que se emplea para la Electrodposición del Zinc, desde el deslaminado anterior, hasta el deslaminado final por cada fila, de modo tal que nos permita calcular la producción de cátodos en Casa de Celdas.

6.14.2. ALGORITMO UTILIZADO :

Para cumplir con la meta trazada, apelamos a la fórmula - enlistada en la parte computacional que está basada en función de las lecturas de los contómetros tanto del deslaminado anterior y del final, considerando además el factor propio de los aparatos.

6.14.3. DATOS DE ENTRADA :

Los datos de entrada con los que alimentamos al computador son las mediciones del deslaminado anterior N1 y N2 y la del deslaminado hoy a la fecha N 1 y N2 , también va aparejada el número de fila, de Celda, como también debemos referirnos al día de tales mediciones.

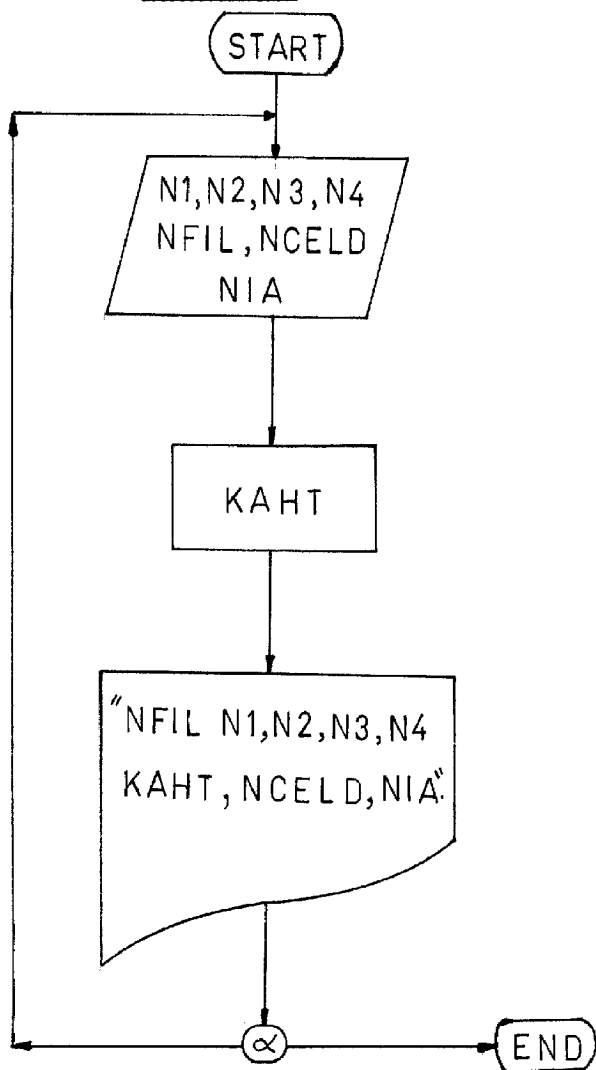
6.14.4. VALORES DE SALIDA :

Los resultados que saldrán por la tolva de salida serán, el número de fila (2,4,5,7/1,3,6,8), las lecturas de los contómetros, los KAHT (Kiloamperes totales) el número de Celda, y el día.

6.14.5. NOMENCLATURA :

Para esta parte remitimos a la sección titulada como Nomenclatura Global.

6.14.7. Diagrama de Flujo :



6.15. TIEMPO DE ELECTRODEPOSICION. -

6.15.1. OBJETIVO :

La de poder cuantificar el tiempo que discurre entre dos deslaminados, que viene a ser el tiempo de electrodeposición del Zinc, y ello permitirá cuantificar la producción de cátodos.

6.15.2. ALGORITMO UTILIZADO :

El método para hallar lo que nos proponemos, será sumar algebraicamente, el tiempo del deslaminado anterior, al de la fecha, el tiempo de pérdidas y de ese modo hallar el tiempo de Deposición.

6.15.3. DATOS DE ENTRADA :

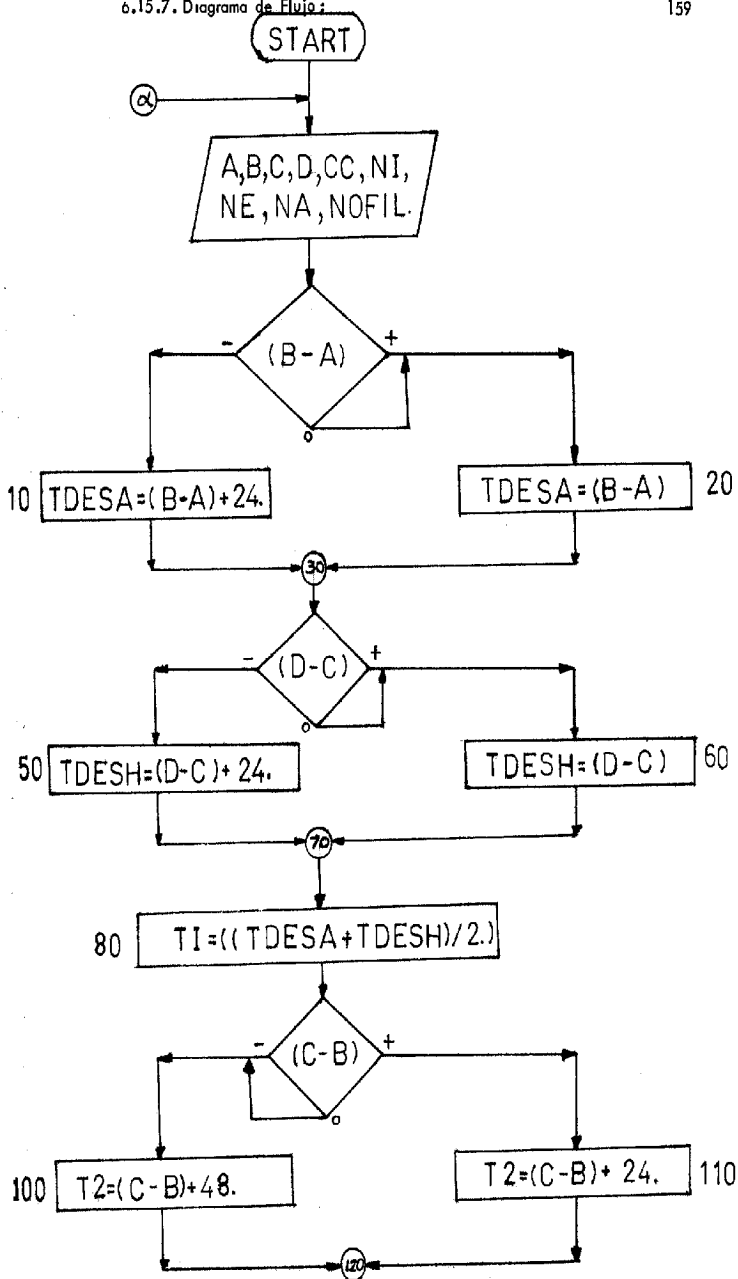
Los datos de entrada con la que se alimenta al computador son los tiempos de las lecturas de los contómetros, el tiempo de pérdidas, el día, mes, año, y el número fila.

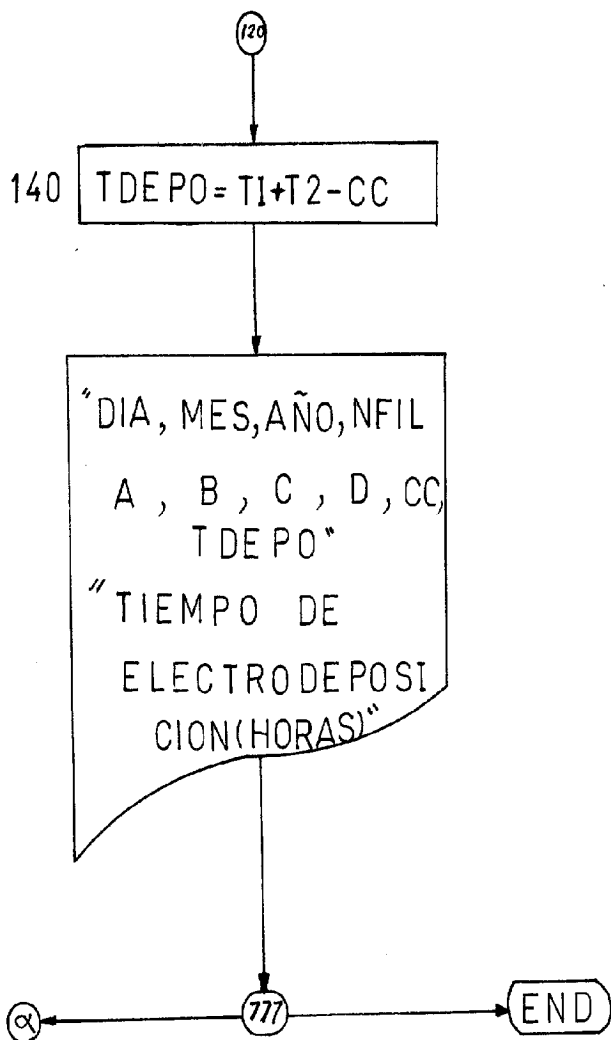
6.15.4. VALORES DE SALIDA :

Los resultados que obtenemos por la tolva de salida, son- el día, mes, año, número de fila, los tiempos de medición de los contómetros, la pérdida por cortascircuitos y el -- tiempo de Deposición.

6.15.5. NOMENCLATURA :

Para esta parte remitimos a la sección titulada como Nomenclatura Global.





16. PRODUCCION DIARIA DE LAMINAS DE ZINC. -

6.16.1. OBJETIVO :

Lo que nos proponemos es la de poder cuantificar la Producción Diaria, siguiendo la tónica impuesta en Casa de Celdas a partir de los demás parámetros gravitantes.

6.16.2. ALGORITMO UTILIZADO :

Para lograr nuestro objetivo, apelamos a las Leyes de FARA
DAY para cuantificar lo depositado, pero considerando solamente que se está operando a nivel industrial.

6.16.3. DATOS DE ENTRADA :

Los datos con que alimentamos al computador son los siguientes a saber : KAHT, número de Celdas, Peso Real, Tiempo de Deposición, consumo de energía total.

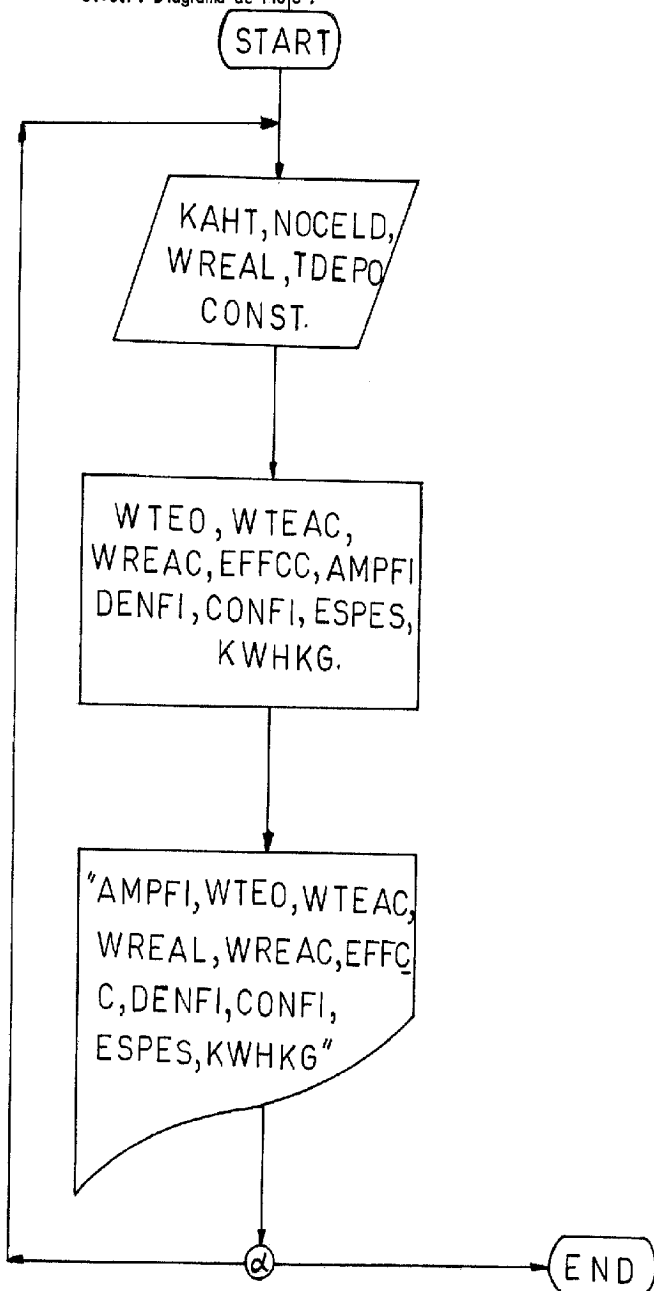
6.16.4. VALORES DE SALIDA :

Los resultados que salen por la tolva de salida, serán amperaje por fila, el peso teórico, el peso teórico acumulado, el peso real, el peso real acumulado, la eficiencia de corriente la densidad de corriente por fila, la concentración de corriente por fila, el espesor catódico, el consumo de energía por tonelada de láminas de Zinc.

6.16.5. NOMENCLATURA :

Para poder conocer lo concerniente a esto, remitimos a la parte asignada como Nomenclatura Global.

6.16.7. Diagrama de Flujo :



6.17. OPTIMIZACION CORRELACIONAL . -

6.17.1. OBJETIVO :

Nuestro propósito esta vez, es la de encontrar la correlación empírica óptima que mas aproximadamente describa la incidencia de dos variables electroquímicas en el proceso - de la Electrodeposición del Zinc.

6.17.2. ALGORITMO UTILIZADO :

Para alcanzar nuestro propósito echamos mano al método - empleado por Reid & Sherwood y otro tanto Nobles en seleccionar la correlación empírica, mas conjugando y acondicionando estas dos ideas para alcanzar la optimización correlacional propuesta y de esta manera postular correlaciones - fundamentales en la Electrodeposición del Zinc.

6.17.3. DATOS DE ENTRADA :

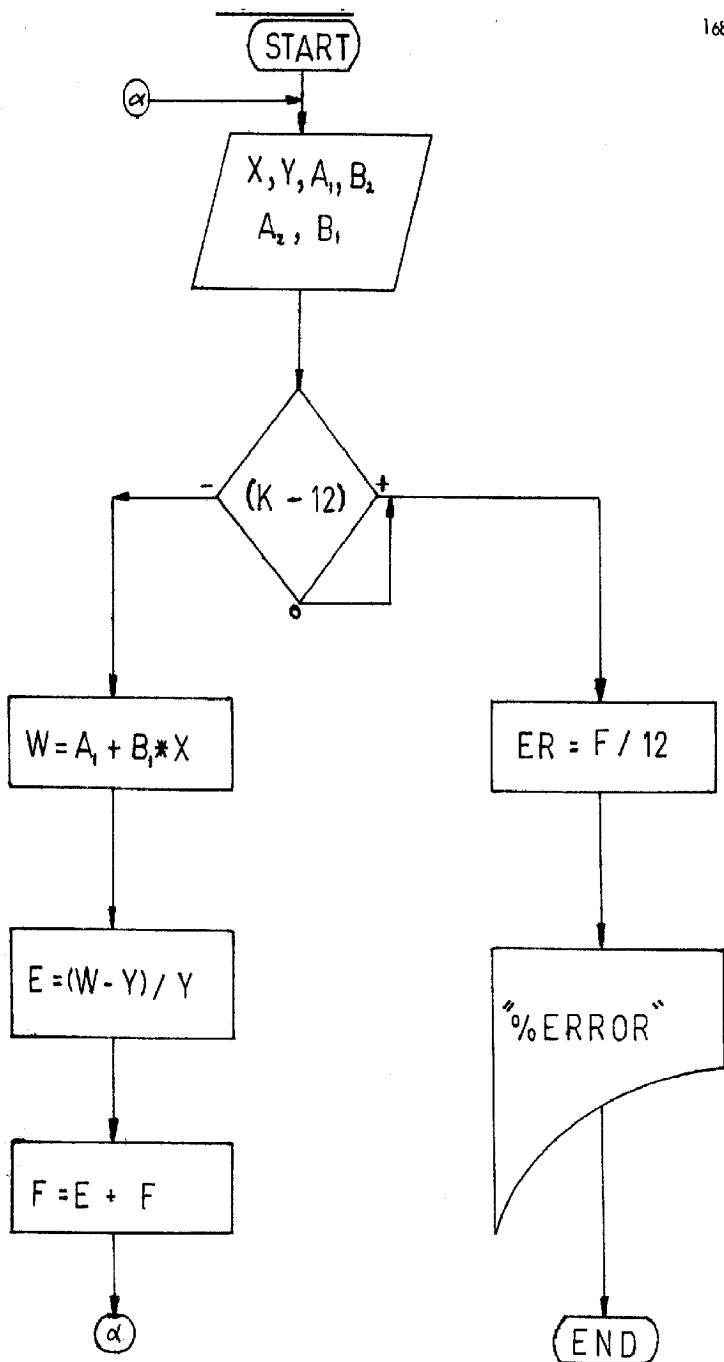
Los datos con que alimentamos al computador por su tolva - de entrada, son las constantes A, B, C, etc., de las correlaciones empíricas, además los valores de una de las variables.

6.17.4. VALORES DE SALIDA :

Los resultados que arrojará el computador por su tolva de salida, son los errores porcentuales promedio de cada correlación y de esta manera el que acusa menor error o tienda a cero será la que mejor describa el proceso.

6.17.5. NOMENCLATURA :

Para esta parte remitimos a la sección titulada como Nomenclatura Global.



6.17.7. LISTADO COMPUTACIONAL :

6.17.7.1. Asignación a Memorias :

- | | |
|----------------------|----------------------|
| (1) — Y | (5) — A ₂ |
| (2) — X | (6) — B ₂ |
| (3) — A ₁ | |
| (4) — B ₁ | |

6.17.7.2. Listado Computacional :

Scientific Calculator Casio FX 201P

MAC

ENT (3) : (4) : (5) : (6) :

ST # (1) :

ENT (1) : (2) :

(0) = (4) / (2) + (3) :

(7) = (6) × (2) × (2) × (2) + (5) :

(0) = (0) - (1) / (1) :

(7) = (7) - (1) / (1) :

(8) = (0) + (8) :

(9) = (7) + (9) :

GOTO (1) :

MJ

(8) = (8) / K 20 :

(9) = (9) / K 20 :

ANS (8) : (9) :

6.18. PLAN MAESTRO DE OPTIMIZACION COMPUTARIZADA DE LOS PARAMETROS GRAVITANTES EN LA ELECTRODEPOSI- CION DEL ZINC .-

6.18.1. OBJETIVO :

El propósito fundamental de esta programa, es la de generar la estrategia computacional que controle los parámetros gravitantes que en Casa de Celdas tienen su razón de ser. Indudablemente, es una meta elevada pero se traza las vías para realizar un agresivo plan de optimización.

6.18.2. ALGORITMO UTILIZADO :

Para esta parte se usa todas las ecuaciones que manipulan en Casa de Celdas, para la cuantificación de los parámetros gravitantes.

6.18.3. DATOS DE ENTRADA :

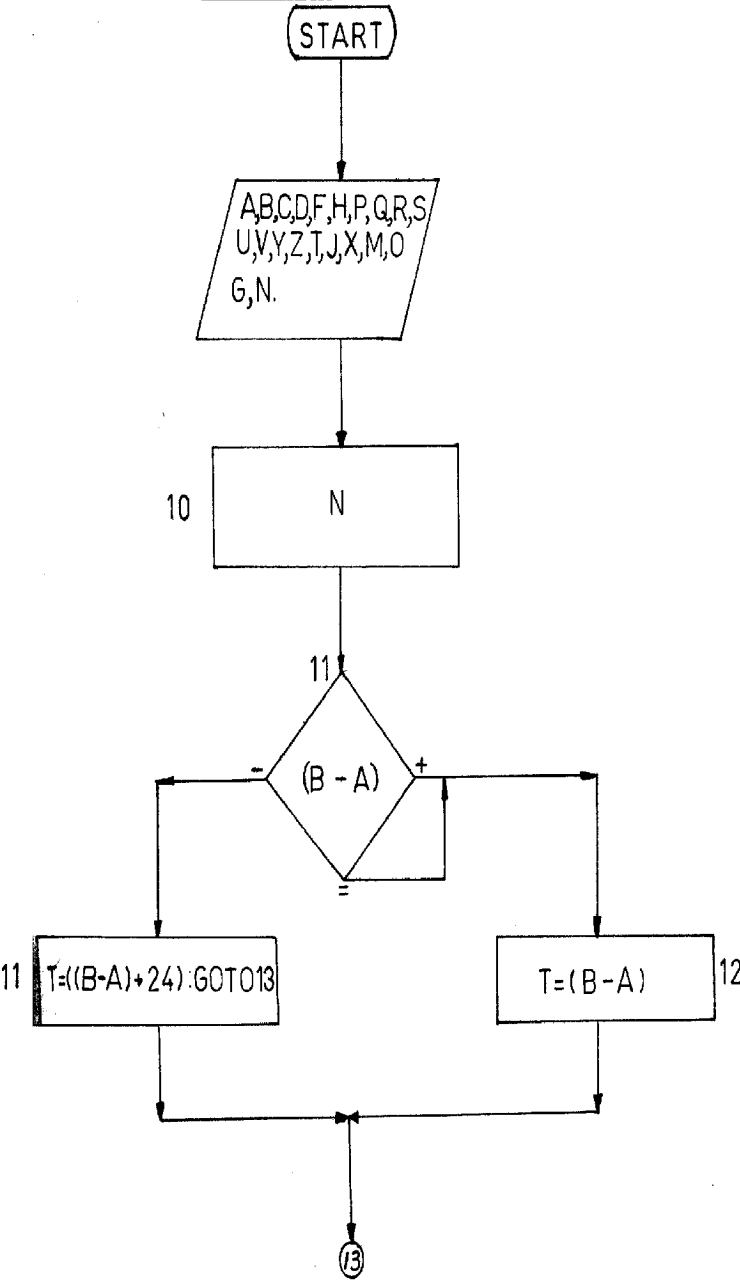
Los datos con que se alimentan al computador, son todos aquellos que nos han permitido hallar el consumo de energía, el Kiloamperaje hora total, el tiempo de electrodeposición, la constante electroquímica, las medidas de los tranforectificadores, contómetros, tiempo que se efectuaron estas mediciones.

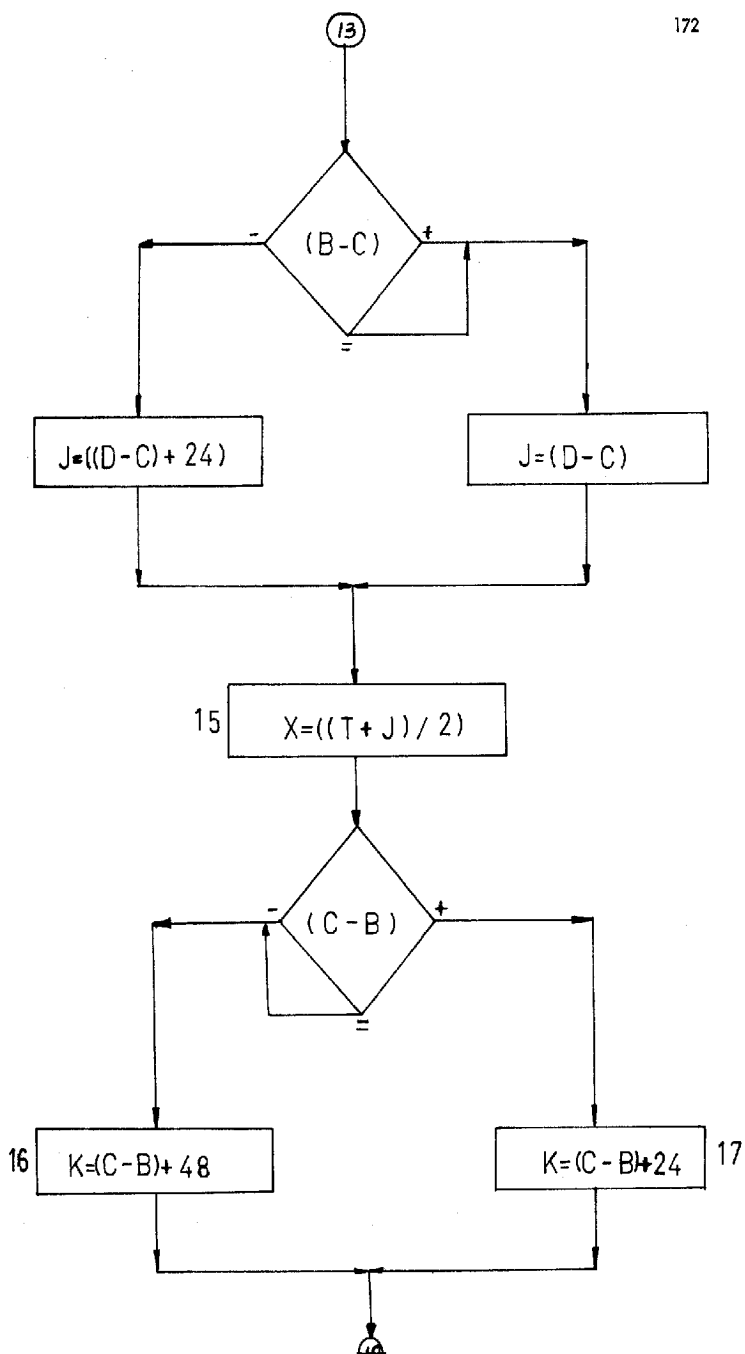
6.18.4. VALORES DE SALIDA :

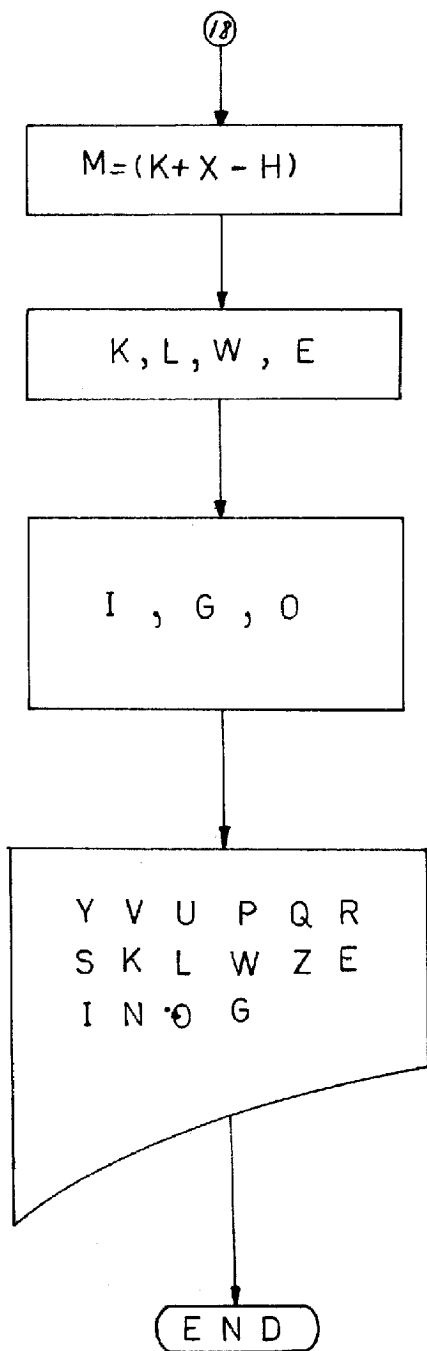
Los resultados que arroja el computador son : la producción teórica, la producción real, la eficiencia de corriente, la densidad de corriente, el KampH Total, el consumo de energía, el espesor catódico, el número de Celdas, etc., en suma podemos decir todos los programas anteriores en uno como llave maestra, constituyéndose en una poderosa herramienta en el control operativo de todos los parámetros gravitantes.

6.18.5. NOMENCLATURA :

Remitimos a la sección titulada como Nomenclatura Global.







6.18.7. LISTADO COMPUTACIONAL :

6.18.7.1. Asignación a Memoria :

<u>Variable</u>	<u>Memoria</u>	<u>Variable</u>	<u>Memoria</u>
A	— (A)	Peso Real	— (Z)
B	— (B)	N161	— (T)
C	— (C)	N1161	— (J)
D	— (D)	N 162	— (X)
Pérdidas	— (H)	N1162	— (M)
N1	— (P)	N 163	— (O)
N 2	— (Q)	N1163	— (G)
N 1'	— (R)	N 164	— (F)
N2'	— (S)	N1164	— (N)
NºFILA	— (V)		
NºCeldas	— (U)		
DIA-MES	— (Y)		

6.18.7.2. Programa Computacional :

Packet Computer Sharp PC-1211

Lenguaje Basic™

- 1 : Print " Plan Maestro de Optimización Computa_
rizado de los Parámetros"
- 2 : Print "Gravitantes en la Electrodeposición del
Zinc"
- 3 : Print "UNMSM Programa Académico de Ingenie_
ría Química (204) "
- 4 : Print "Daniel Florencio Lovera Dávila (730229)"
- 5 : INPUT A,B,C,D
- 6 : INPUT H,P,Q,R
- 7 : INPUT S,U,V,Y
- 8 : INPUT Z,T,J,X
- 9 : INPUT M, O, G, F, N


```

10 : N =((( T-J ) + (X-M))x 18000) +(((O-G) +
      (F-N))x 18000)
11 : IF B < A LET T = (( B-A) + 24) : GOTO 13
12 : IF B >= A LET T = (B-A)
13 : IF B < C LET J = (D-C) + 24) : GOTO 15
14 : IF D >= C LET J = (D-C)
15 : X = ( (T+J) /2)
16 : IF C <= B LET K = (C-B) + 48 : GOTO 18
17 : IF C > B LET K = ( C-B) + 24
18 : M = ( K+X-H)
19 : K = ((( R+S) /2) - (P+Q) /2) /2
20 : L = (K/M)
21 : W = (1.22 x K x U)
22 : E = (Z/W) x 100
23 : I = (L/124.8) x 1000
24 : G = (1/13000) x ( Z/U) /96) x (1000/7.133)
25 : O = (N/Z) x (1/2) x 1000
26 : PRINT "RESULTADOS COMPUTACIONALES"
27 : PRINT "DIA DEL MES  "
28 : PRINT Y
29 : PRINT "NUMERO DE FILA  "
30 : PRINT V
31 : PRINT "NUMERO DE CELDAS  "
32 : PRINT U
33 : PRINT "N1 = "

```

```
34 : PRINT P
35 : PRINT "N 2="
36 : PRINT Q
37 : PRINT "N 1 ^ ="
38 : PRINT R
39 : PRINT "N 2 ^ ="
40 : PRINT S
41 : PRINT "KAHT"
42 : PRINT K
43 : PRINT " AMPERAJE-FILA"
44 : PRINT L
45 : PRINT "PESO TEORICO (KG) "
46 : PRINT W
47 : PRINT "PESO REAL (KG) "
48 : PRINT Z
49 : PRINT " EFICIENCIA DE CORRIENTE (%)"
50 : PRINT E
51 : PRINT "DENSIDAD DE CORRIENTE (AMP/M2)"
52 : PRINT I
53 : PRINT "CONSUMO DE ENERGIA (KWH)"
54 : PRINT N
55 : PRINT "CONSUMO DE ENERGIA/TONELADAS
      CATODICAS (KWH/TM) "
56 : PRINT O
57 : PRINT "ESPESOR CATODICO "
58 : PRINT G
59 : END
```

6.18.8. RESULTADOS COMPUTACIONALES :

POCKET COMPUTER SHARP PC-1211

Lenguaje Basic

Plan Maestro de Optimización Computarizado de los Parámetros
Gravitantes en la Electrodeposición del Zinc.

UNMSM Programa Académico de Ingeniería Química (204)

Daniel Florencio Lovera Dávila (730229)

Resultados Computacionales

DIA DEL MES =	1.
NUMERO DE FILA =	2.
NUMERO DE CELDAS =	29.
N1 =	545259 .
N2 =	546522 .
N1^=	550210 .
N2^=	551491 .
KAHT =	2480 .
AMPERAJE-FILA =	51 .63081186
PESO TEORICO (KG) =	87742.4
PESO REAL (KG) =	82745.
EFICIENCIA DE CORRIENTE (%) =	94 .30446398
DENSIDAD DE CORRIENTE(AMP/M2) =	413.7084284
CONSUMO DE ENERGIA (KWH) =	522000.
CONSUMO DE ENERGIA/TONELADAS CATODICAS (KWH/TM) =	3154.26914
ESPESOR CATODICO (CM) =	0 .3205213424

6.19. COEFICIENTE DE CORRELACION . -

6.19.1. OBJETIVO :

Es la de hallar la influencia o dependencia de dos variables, o en caso contrario su independencia o no incidencia a las variaciones del otro.

6.19.2. DATOS A LA ENTRADA :

Los datos que entran por la tolva de alimentación, son los valores "X" para una variable e "Y" para la otra, que están en observación.

6.19.3. ALGORITMO UTILIZADO :

Para cumplir nuestro objetivo trazada, echamos mano a lo que los tratados de Estadísticas se refieren a la fórmula para calcular el coeficiente de correlación.

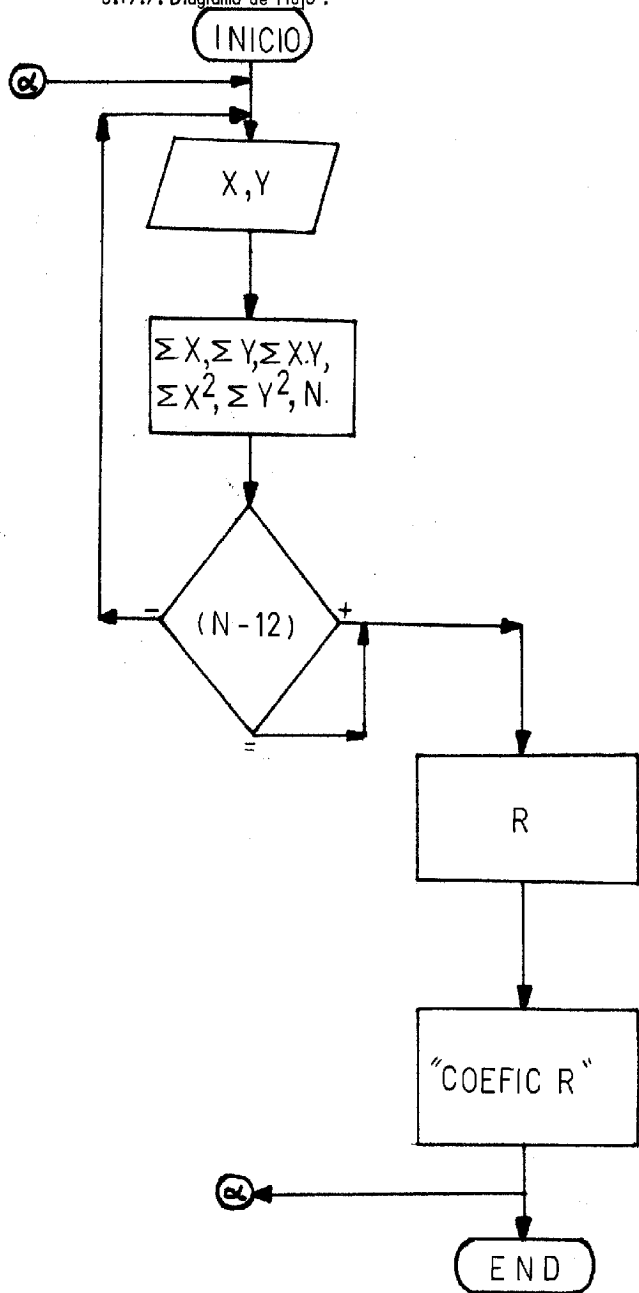
6.19.4. VALORES DE SALIDA :

Los resultados que salen por la tolva del computador, será en esta caso el coeficiente de correlación que fluctúa , - entre +1 y -1.

6.19.5. NOMENCLATURA :

Para satisfacer la avidez investigativa del lector, remitimos a la parte concerniente a Nomenclatura Global.

6.19.7. Diagrama de Flujo :



6.19.7. LISTADO COMPUTACIONAL :

6.19.7.1. Asignación de Memoria :

$$\begin{array}{ll} X & \text{--- (1)} \\ Y & \text{--- (2)} \\ \Sigma X & \text{--- (3)} \\ \Sigma Y & \text{--- (4)} \\ \Sigma XY & \text{--- (5)} \end{array} \quad \begin{array}{ll} \Sigma X^2 & \text{--- (6)} \\ \Sigma Y^2 & \text{--- (7)} \\ n & \text{--- (8)} \\ r & \text{--- (9)} \end{array}$$

6.19.7.2. Listado Computacional :

Scientific Calculator Casio FX-201P

MAC

ST # (1) :

ENT (1) : (2) :

(3) = (1) + (3) :

(4) = (2) + (4) :

(5) = (1) × (2) + (5) :

(6) = (1) × (1) + (6) :

(7) = (2) × (2) + (7) :

(8) = (8) + KI :

GOTO (1) :

MJ

(0) = (4) × (4) / (8) :

(0) = (7) - (0) :

(0) = (0) $\sqrt{\quad}$:

(9) = (3) × (3) / (8) :

(9) = (6) - (9) :

(9) = (9) $\sqrt{\quad}$:

(9) = (9) × (0) :

(0) = (3) × (4) :

(0) = (0) / (8) :

(0) = (5) - (0) :

(9) = (0) / (9) :

ANS (9) :

6.20. CORRELACION EMPIRICA LOGARITMICA ((III))b -

6.20.1 ECUACION EMPIRICA LOGARITMICA ((III))b :

$$\text{LOG } Y = A + B \cdot X$$

6.20.2. OBJETIVO :

La de generar una Ecuación Empírica Logarítmica de tal manera que gobierne dos variables electroquímicas cuales quiera.

6.20.3. ALGORITMO UTILIZADO :

Para lograr nuestra meta, apelamos al método del análisis de Regresión o conocido más comúnmente como método de los Mínimos Cuadrados.

6.20.4. DATOS DE ENTRADA :

Los datos de entrada con que se alimenta al computador, son las dos variables electroquímicas, a los cuales asigna mos a una de ellas como "X" y a la otra como "Y".

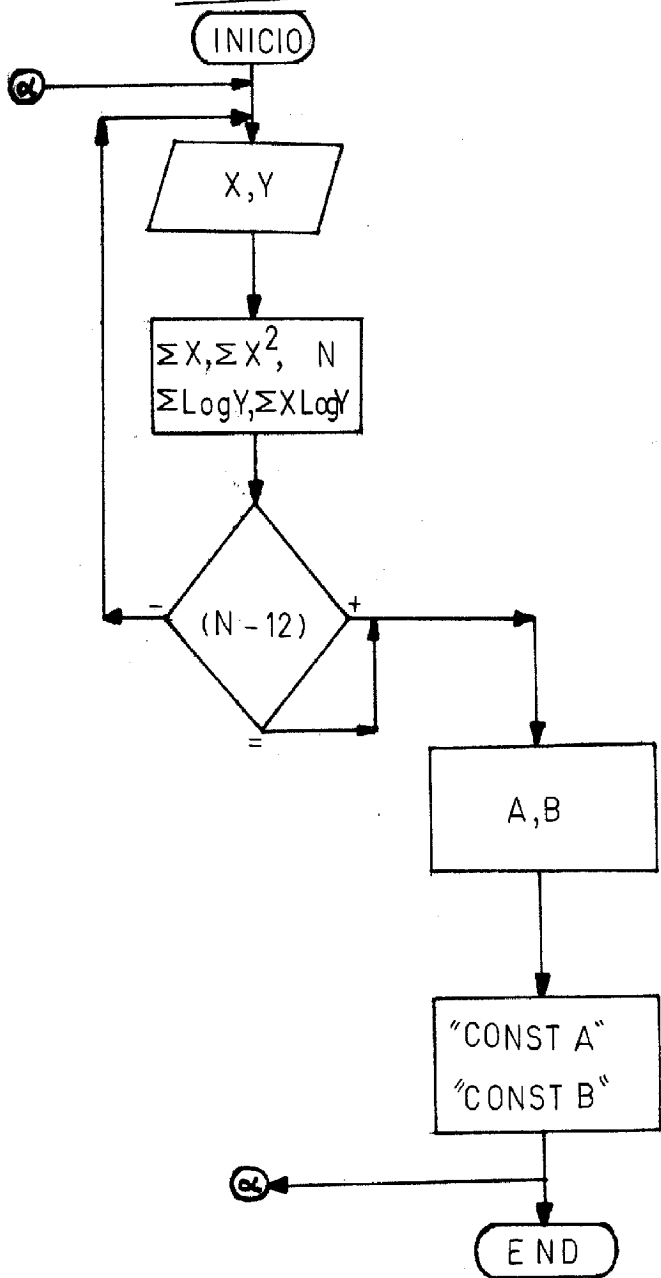
6.20.5. VALORES DE SALIDA :

Los resultados que saldrán serán las constantes "A" y "B" , que son características para cada dueto de variables electroquímicas con las cuales vertimos a la tolva de alimentación del computador.

6.20.6. NOMENCLATURA :

Para esta parte remitimos a la sección titulada como Nomenclatura Global.

6.20.7. Diagrama de Flujo :



6.20.8. LISTADO COMPUTACIONAL :

6.20.8.1. Asignación a Memorias :

(1) — X	(5) — $\Sigma \text{LOG } Y$
(2) — Y	(6) — $\Sigma X \text{LOG } Y$
(3) — ΣX	(7) — n
(4) — ΣX^2	

6.20.8.2. Listado Computacional :

Scientific Calculator Casio FX-201P

MAC

ST # (1) :

ENT (1) : (2) :

(3) = (1) + (3) :

(4) = (1) x (1) + (4) :

(0) = (2) LOG :

(5) = (0) + (5) :

(6) = (1) x (0) + (6) :

(7) = K1 + (7) :

GOTO :

MJ

(8) = (4) x (5) :

(9) = (3) x (6) :

(8) = (8) - (9) :

(9) = (7) x (4) :

(0) = (3) x (3) :

(9) = (9) - (0) :

(8) = (8) / (9) :

(0) = (7) x (8) :

(0) = (5) - (0) :

(0) = (0) / (3) :

ANS (8) : (0) :

6.21. CORRELACION EMPIRICA PARABOLICA . -

6.20.1. ECUACION EMPIRICA PARABOLICA :

$$Y = A + B \cdot X^2$$

6.20.2. OBJETIVO :

La de generar una ecuación empírica parabólica, de tal manera que gobierne dos variables electroquímicas cualesquiera.

6.20.3. ALGORITMO UTILIZADO :

Para lograr nuestra meta, apelamos al método del análisis de Regresión o conocido mas comúnmente como método de los Mínimos Cuadrados.

6.20.4. DATOS DE ENTRADA :

Los datos de entrada con que se alimenta al computador son - las dos variableselectroquímicas, a las cuales asignamos a una de ellas como "X" y a la otra como "Y".

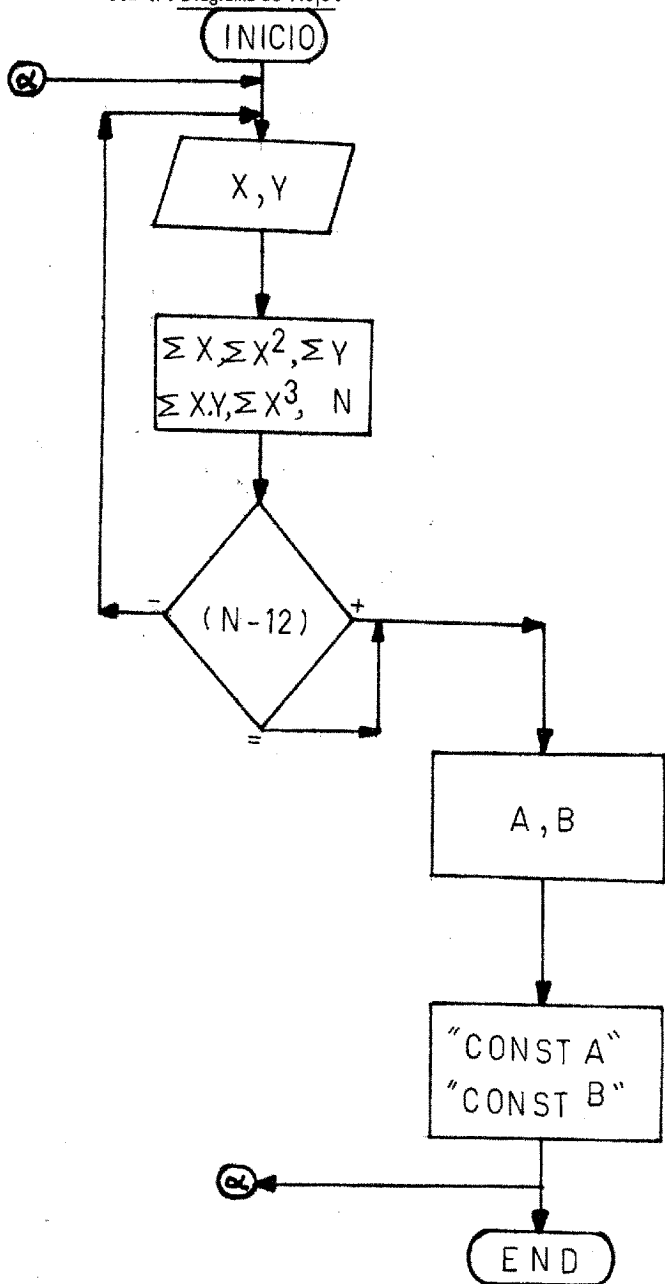
6.20.5. VALORES DE SALIDA :

Los resultados que saldrán serán las constantes A y B, que son características para cada dueto de variables electroquímicas - con las cuales vertimos a la tolva de alimentación del computador.

6.20.6. NOMENCLATURA :

Para esta parte remitimos a la sección titulada como Nomenclatura Global.

6.21.7. Diagrama de Flujo:



6.21.8. LISTADO COMPUTACIONAL :

6.21.8.1. Asignación de Memoria :

(1) — X	(5) — ΣY
(2) — Y	(6) — ΣXY
(3) — ΣX	(7) — ΣX^3
(4) — ΣX^2	(8) — n

6.21.8.2. Programa Computarizado :

MAC

ST # (1) :

ENT (1) : (2) :

(3) = (1) + (3) :

(4) = (1) x (1) + (4) :

(5) = (2) + (5) :

(6) = (1) x (2) + (6) :

(7) = (1) x (1) x (1) + (7) :

(8) = K 1 + (8) :

GOTO (1) :

MJ

(1) = (7) x (5) :

(2) = (4) x (6) :

(1) = (1) - (2) :

(2) = (7) x (8) :

(0) = (4) x (3) :

(2) = (2) - (0) :

(1) = (1) / (2) :

(2) = (8) x (1) :

(0) = (5) - (2) :

(0) = (0) / (4) :

ANS (1) : (0) :

6.22. NOMENCLATURA GLOBAL . -

- 1.- X Variable Electroquímica
- 2.- Y Variable Electroquímica
- 3.- ΣX Sumatoria de las X
- 4.- ΣY Sumatoria de las Y
- 5.- ΣX^2 Sumatoria de las X elevadas al cuadrado
- 6.- $\Sigma X.Y.$ Sumatoria del producto de X por Y
- 7.- n Contador del número de corridas
- 8.- A Constante paramétrica de la correlación
- 9.- B Constante paramétrica de la correlación
- 10.- $\Sigma \text{LOG } Y$ Sumatoria del logaritmo de Y
- 11.- $\Sigma X.\text{LOG } Y$ Sumatoria del producto X por el logaritmo de Y .
- 12.- $\Sigma 1/X$ Sumatoria de la inversa de X
- 13.- $\Sigma \text{Ln } Y$ Sumatoria del logaritmo Natural de Y
- 14.- $\Sigma X.\text{Ln}Y$ Sumatoria del producto de X , por el logaritmo de Y .
- 15.- $(\Sigma X)^2$ Sumatoria de X elevada al cuadrado
- 16.- $\Sigma \text{Ln } X$ Sumatoria del logaritmo de X
- 17.- $\Sigma X^2.Y$ Sumatoria del producto de X al cuadrado por Y
- 18.- $\Sigma X.\text{Ln}X$ Sumatoria del producto de X por el logaritmo de X
- 19.- ΣX^3 Sumatoria de X elevada al cubo.

20.-	$\sum X^4$	.....Sumatoria de X elevada a la cuarta potencia.
21.-	Z	.....Número Atómico
22.-	PATOM	.....Peso Atómico
23.-	VAL	.....Estado de oxidación , valencia.
24.-	GRCO	.....Gramos/Coulomb
25.-	COGR	.....Coulomb/Gramo
26.-	GRAH	.....Gramos/AmperHora
27.-	AHGR	.....AmperHora/Gramo
28.-	N161	.....Medida Hoy del tranforectificador 161
29.-	NI 161	.....Medida Anterior del tranforectificador 161
30.-	NI62	.....Medida Hoy del tranforectificador 162
31.-	NI 162	.....Medida Anterior del tranforectificador 162
32.-	NI 163	.....Medida Hoy del tranforectificador 163
33.-	NI 163	.....Medida Anterior del tranforectificador 163
34.-	N 164	.....Medidas Hoy del tranforectificador 164
35.-	NI 164	.....Medida Anterior del tranforectificador 164
36.-	NIA	.....Día de los controles medicionales
37.-	CONI	.....Consumo de Energía en el circuito I
38.-	CONII	.....Consumo de Energía en el circuito II
39.-	CONTO	.....Consumo de Energía total Diario(KWH)
40.-	CONTT	.....Consumo de Energía Acumulado(KWH)
41.-	N1	.....Medida del contómetro del deslaminado anterior inicial.

42.-	N 2	.....Medida del contómetro del deslaminado anterior final.
43.-	N 3	.....Medida del contómetro del deslaminado Hoy, inicial.
44.-	N 4	.....Medida del contómetro del deslaminado Hoy , final.
45.-	N E	.....Mes de la medición efectuada.
46.	NCELD	.....Número de Celda.
47.-	KAHT	.....KiloamperHora Total
48.-	NFIL	.....Número de Fila
49.-	A	.....Hora Inicial del deslaminado anterior
50.-	B	.....Hora Final del deslaminado anterior
51.-	C	.....Hora Inicial del deslaminado Hoy
52.-	D	.....Hora Final del deslaminado Hoy
53.-	CC	.....Cortos, circuitos o paros por cambio de marco.
54.-	NA	.....Año de la medición efectuada.
55.-	NOFIL	.....Número de fila
56.-	TDEPO	.....Tiempo de Electrodeposición
57.-	WREAL	.....Producción Diaria por fila
58.-	CONST	.....Consumo Total de Energía
59.-	AMPFI	.....Amperaje por fila
60.-	WTEO	.....Producción Teórica por fila
61.-	WTEAC	.....Producción Teórica Acumulada
62.-	WREAC	.....Producción Real Acumulada.

- 63.- EFFCCEficiencia de corriente
- 64.- DENFIDensidad de corriente por fila
- 65.- CONFIConcentración de corriente por fila.
- 66.- ESPESEspesor Catódico.
- 67.- KWHKGRelación de consumo de energía por
Kilo de láminas.
- 68.- A_i Constante paramétrica de correlación
- 69.- B_i Constante paramétrica de correlación
- 70.- $\sum Y^2$ Sumatoria de Y al cuadrado.
- 71.- r Coeficiente de correlación.

7.0. ANALISIS DE RESULTADOS Y CONFRONTACION CON LA PRAXIS ELECTROLITICA CAJAMARQUILLA. -

En este capítulo me propongo presentar los parámetros operativos que arrojó la Refinería Electrolítica Cajamarquilla, en el período de Marzo 1981 a Febrero 1982, algunos resultados paramétricos corresponden ya sea mensual o diariamente ; con esto quiero remarcar que estos resultados nos sirven para hacer un diagnóstico de la evolución operativa, más aún estos valores concuerdan con la estrategia computacional que preconiza este trabajo, ora sea para hallar las correlaciones empíricas , o para la cuantificación de la producción.

Estos parámetros son controlados diariamente por los operarios de la División 70, además son básicos para la definición del proceso electrolítico del Zinc, lo cual viene en cierta forma a llenar un vacío en cuanto al vital proceso Electrometalúrgico.

Otro, si digo que estos valores fueron tomados de los reportes diarios, mensuales y a la vez constituyen un rico historial de la praxis electrolítica del Zinc, que despliega Minero- Perú.

Aparte debo decir que se apareja las novedosas sábanas electrolíticas que llevan los valores registrados en los reportes y como también los resultados de usar las correlaciones óptimas, conjuntamente con el -- Plan Maestro de Optimización de los parámetros gravitantes.

PARAMETRO ELECTROLITICO GRAVITANTE EN LA PRAXIS REFINERIA CAJAMARQUILLA. -

Los parámetros electrolíticos cuyos resultados enlistaremos, son a saber:

- I Tiempo de Electrodeposición
- II Kiloamperaje Hora Total
- III Consumo de energía
- IV Temperatura de Electrolito
- V Producción de láminas de Zinc
- VI Acidez de Electrolito
- VII Voltaje
- VIII Densidad de Electrolito
- IX Densidad de corriente
- X Eficiencia de corriente
- XI Concentración de Zinc
- XII Reactivos de Adición
- XIII Amperaje Total
- XIV Resistividad de Electrolito

7.1.1. PARAMETRO ELECTROLITICO TIEMPO DE ELECTRODEPOSICION :

La presenta Tabla N^o 1, nos muestra los valores prácticos de este importante parámetro.

TABLA N^o 1

	<u>Inicial</u>	<u>Final</u>	<u>Inicial</u>	<u>Final</u>	<u>T.Depos.(H)</u>
1	18 <u>08</u>	4 <u>51</u>	15 <u>48</u>	4 <u>35</u>	46.71
1	18 <u>18</u>	6 <u>29</u>	15 <u>48</u>	3 <u>49</u>	45.25
1	18 <u>14</u>	6 <u>24</u>	16 <u>20</u>	4 <u>02</u>	45.70
1	18 <u>10</u>	5 <u>00</u>	15 <u>48</u>	4 <u>43</u>	46.51
2	12 <u>56</u>	1 <u>28</u>	15 <u>40</u>	4 <u>37</u>	50.78
2	12 <u>56</u>	22 <u>41</u>	15 <u>40</u>	3 <u>55</u>	51.82
2	12 <u>58</u>	23 <u>34</u>	16 <u>03</u>	4 <u>24</u>	51.79
2	12 <u>58</u>	21 <u>16</u>	15 <u>40</u>	3 <u>09</u>	52.13
3	15 <u>48</u>	4 <u>35</u>	16 <u>30</u>	5 <u>37</u>	48.70
3	15 <u>48</u>	3 <u>49</u>	16 <u>30</u>	5 <u>12</u>	48.88

3	16 $\frac{20}{48}$	4 $\frac{02}{43}$	16 $\frac{00}{00}$	4 $\frac{15}{36}$	47.78
3	15 $\frac{48}{40}$	4 $\frac{43}{37}$	16 $\frac{00}{54}$	3 $\frac{36}{56}$	47.38
4	15 $\frac{40}{40}$	4 $\frac{37}{55}$	15 $\frac{54}{00}$	2 $\frac{56}{44}$	47.11
4	15 $\frac{40}{03}$	3 $\frac{55}{24}$	16 $\frac{00}{54}$	1 $\frac{44}{55}$	46.91
4	16 $\frac{03}{00}$	4 $\frac{24}{54}$	15 $\frac{54}{54}$	1 $\frac{55}{55}$	46.52

FUENTE :

Jefatura de Electrodeposición Fusión y Moldeo.
Refinería Cajamarquilla Minero Perú . 1981.

7.1.2. PARAMETRO ELECTROLITO KILOAMPERAJE HORA TOTAL :

La presente Tabla N° II , nos muestra diagramatizada, los valores prácticos para los días del mes de Noviembre de 1981, arribando a resultados concordantes con la Estrategia computacional, la cual presentamos a continuación.

TABLA N° II

		Deslaminado Ant.		Deslam. Presente		KAH TOTAL
Día	Fila N°	Inicio N ₁	Final N ₂	Inicio N ₁	Final N ₂	
1	2	469871	471139	474885	476393	2567
	4	469871	471074	474880	476461	2599
	5	311499	312735	316503	317904	2543
	7	311506	312770	316503	317900	2532
2	1	472374	473836	477574	478620	2496
	3	472405	473850	477599	478590	2484
	6	313992	315508	319209	320276	2496
	8	313992	315376	319209	320380	2555

3	2	474885	476393	480192	481493	2602
	4	474880	476461	480281	481425	2591
	5	316503	317904	321800	322946	2585
	7	316503	317900	321800	323010	2602
4	1	477574	478620	482909	484094	2702
	3	477599	478590	482909	484216	2734
	6	319209	320276	324537	325633	2671
	8	319209	320380	324537	325532	2620
5	2	480192	481493	485747	486874	2734
	4	480281	481425	485747	487059	2575
	5	321800	322946	327040	328174	2617
	7	321800	323010	327040	328178	2602

FUENTE :

Jefatura de la división de Electrodeposición Fusión y Moldeo, 1982.

1.1.3. CONSUMO DE ENERGIA :

La presente Tabla N° III, nos objetiviza en forma palmaria, el consumo de energía, valores prácticos obtenidos de la praxis Electrolytica Cajamarquilla para el mes de Enero de 1982, también existe bastante concordancia con la Estrategia computacional.

TABLA N° III

Día	TRANSFORMADORES				CONSUMO DE ENERGIA		
	161	162	163	164	Consumo I.	Consumo II.	Cons.Total
1	3172	3147	2281	2287	378,000	321,000	702,000
2	3182	3158	2290	2296	378,000	360,000	738,000
3	3193	3168	2300	2306	378,000	360,000	738,000
4	3204	3179	2310	2316	396,000	360,000	756,000
5	3214	3189	2320	2327	360,000	378,000	738,000
6	3224	3198	2330	2337	342,000	360,000	702,000

7	3234	3209	2339	2346	378,000	360,000	738,000
8	3244	3219	2349	2356	360,000	360,000	720,000
9	3255	3229	2359	2366	378,000	360,000	738,000
10	3265	3239	2369	2376	360,000	360,000	720,000
11	3275	3249	2379	2386	360,000	360,000	720,000
12	3285	3259	2389	2396	360,000	360,000	720,000
13	3295	3269	2359	2407	360,000	378,000	738,000
14	3305	3279	2409	2417	360,000	360,000	720,000
15	3316	3289	2419	2427	378,000	360,000	738,000
16	3322	3295	2425	2433	216,000	216,000	432,000
17	3332	3305	2435	2443	360,000	360,000	720,000
18	3339	3313	2442	2450	270,000	252,000	522,000
19	3346	3320	2448	2459	252,000	270,000	522,000
20	3352	3328	2455	2467	252,000	270,000	522,000
21	3359	3335	2463	2473	252,000	252,000	504,000
22	5366	3342	2470	2481	252,000	270,000	522,000

FUENTE :

Jefatura de la División de Electrodeposición Fusión y Moldeo. 1982.

7.1.4. TEMPERATURA DE ELECTROLITO :

La presente Tabla N° IV, nos muestra en forma elocuente, para los días primeros del mes de Octubre de 1981, concordando con la Estrategia Computacional , la cual enlistamos a continuación :

TABLA N° IV

Día	T E M P E R A T U R A (° C)		Producción de de Láminas (TM)
	Entrada Circuito	Salida de Circuito	
1	28.00	34.00	302.153
2	28.00	34.50	338.616

./.

3	28.00	35.00	295,493.
4	28.00	35.00	304.352
5	28.00	35.00	309.174
6	29.30	35.30	310.816
7	25.00	33.00	316.642
8	25.00	35.00	317.240
9	25.00	35.00	317.515
10	25.00	35.00	297.822
11	25.00	35.00	306.641
12	29.00	35.00	295.827
13	27.00	32.00	313.320
14	27.00	34.00	315.551
15	28.00	34.00	252.113
16	28.00	34.00	252.333
17	28.00	35.00	305.002
18	29.00	35.00	305.990
19	29.00	35.00	317.917
20	29.00	35.00	316.392

FUENTE :

Jefatura de la División de Electrodeposición Fusión y Moldeo 1982.

7.1.5. PARAMETRO ELECTROLITICO PRODUCCION DE LAMINAS DE ZINC :

La presente Tabla N° V , nos diagramiza los valores prácticos para los días del mes de Diciembre de 1,981, concordando con los resultados concordantes con la estrategia computacional, la cual enlistamos a continuación :

TABLA N° V

Dña	Fila	K.A.H.T.	K.Electr.	N° Celdas	Peso Teórico (TM)
1	2	2,480.0	1.22	29	87.742
	4	2,469.5	1.22	26	78.332
	5	2,450.7	1.22	29	87.708
	7	2,472.0	1.22	26	78.420
2	1	2,485.0	1.22	29	87.919
	3	2,485.0	1.22	29	87.919
	6	2,429.5	1.22	29	85.456
	8	2,438.0	1.22	29	86.256
3	2	2,433.7	1.22	29	86.104
	4	2,437.7	1.22	26	77.324
	5	2,427.5	1.22	29	85.867
	7	2,405.5	1.22	27.5	80.705
4	1	2,431.0	1.22	29	86.009
	3	2,471.5	1.22	29	87.442
	6	2,361.7	1.22	29	83.557
	8	2,333.0	1.22	26	74.003
5	2	2,435.0	1.22	29	86.150
	4	2,451.7	1.22	26	77.768
	5	2,355.0	1.22	29	83.319
	7	2,356.0	1.22	29	83.335
6	1	2,444.0	1.22	29	86.469
	3	2,434.0	1.22	29	86.115
	6	2,486.0	1.22	29	87.964
	8	2,454.0	1.22	26	77.847

7.1.6. PARAMETRO ELECTROLITO ACIDEZ DE ELECTROLITO :

La presente Tabla N°VI, nos muestra en forma palmaria, los valores prácticos para los primeros días del mes de Octubre de 1981, arribando a resultados concordantes con la Estrategia Computacional preconizada por este trabajo ; a continuación pasamos a citar los :

TABLA N°VI

Día	A C I D E Z (g/l)		Producción de Láminas (TM)
	Entrada a Circuito	Salida de Circuito	
1	189.00	194.30	302.153
2	188.20	194.20	338.616
3	189.00	193.50	295.493
4	186.60	193.20	304.352
5	176.00	192.00	309.174
6	180.00	192.50	310.816
7	178.00	193.70	316.642
8	183.00	194.00	317.240
9	182.00	193.00	317.515
10	183.00	194.00	297.822
11	175.00	195.00	306.641
12	188.00	195.00	295.827
13	169.00	191.00	313.820
14	181.00	194.00	315.551
15	180.00	194.00	252.113
16	181.00	194.00	252.333
17	183.00	195.00	305.002
18	182.00	195.00	305.990
19	177.00	194.00	317.917
20	172.00	187.00	313.963

FUENTE :

Jefatura de la División de Electrodeposición Fusión y Moldeo, 1982.

7.1.7. PARAMETRO ELECTROLITICO VOLTAJE :

La presente Tabla N°VII, nos muestra en forma objetiva los valores de la praxis para los primeros días del mes de Noviembre de 1981 , bastante concordancia existe entre estos resultados con la Estrategia Computacional;

TABLA N° VII

Día	VOLTAJE (V)	PRODUCCION (TM)
1	384.000	323.674
2	380.650	298.000
3	380.450	329.379
4	376.250	322.970
5	382.750	340.095
6	385.150	312.303
7	381.500	318.682
8	387.500	295.949
9	384.2250	324.012
10	384.000	315.045
11	382.650	309.509
12	383.250	310.535
13	382.510	310.450
14	382.735	313.030
15	385.105	304.203
16	383.500	327.313
17	383.100	301.080
18	383.450	316.886
19	383.850	312.386
20	383.450	308.620

FUENTE :

Jefatura de la División de Electrodeposición , Fusión y Moldeo - 1981 .

7.1.8. PARAMETRO ELECTROLITO DENSIDAD DE ELECTROLITO :

La presente Tabla N°VIII, tabula en forma lógica los valores de la praxis Cajamarquilla, para los primeros días del mes de Noviembre de 1981, existiendo bastante relación con la Estrategia-Computacional que preconiza este trabajo :

TABLA N° VIII

Día	DENSIDAD DE ELECTROLITO		Producción (TM)
	Entrada a Circ.	Salida de Circ.	
1	1.4352	1.2920	323.674
2	1.4350	1.2920	298.009
3	1.4200	1.2890	329.379
4	1.4113	1.2900	322.970
5	1.4113	1.2950	340.095
6	1.4300	1.2750	312.203
7	1.4130	1.2930	318.682
8	1.4320	1.2740	295.949
9	1.4250	1.2850	324.012
10	1.4260	1.2830	315.045
11	1.4070	1.2800	309.509
12	1.4130	1.2810	310.535
13	1.4180	1.2780	310.450
14	1.4280	1.2730	313.030
15	1.4200	1.2770	304.203
16	1.4300	1.2800	327.313
17	1.4350	1.2790	301.080
18	1.4220	1.2880	316.886
19	1.4220	1.2800	312.386
20	1.4670	1.2950	308.620

FUENTE :

Jefatura de la División de Electrodeposición Fusión
y Moldeo , 1981.

7.1.9. PARAMETRO ELECTROLITICO DENSIDAD DE CORRIENTE :

La presente Tabla N° IX, nos esquematiza los valores prácticos para los primeros días del mes de Noviembre de 1981, concordando con la Estrategia Computacional, preconizada en este trabajo.

TABLA N° IX

Día	DENSIDAD DE CORRIENTE (AMP/M2)	PRODUCCION (TM)
1	465.000	323.674
2	424.300	298.009
3	422.670	329.379
4	395.510	322.970
5	420.670	340.095
6	419.070	312.203
7	416.660	318.682
8	421.470	295.949
9	421.470	324.012
10	421.870	315.045
11	413.860	309.509
12	422.190	310.535
13	422.670	310.450
14	426.960	313.030
15	418.270	304.203
16	419.070	327.313
17	419.070	301.080
18	416.460	316.886
19	418.670	312.386
20	416.670	308.620

FUENTE :

Jefatura de la División de Electrodeposición, Fusión y Moldeo , 1981.

7.1.10. PARAMETRO ELECTROLITICO EFICIENCIA DE CORRIENTE :

La presente Tabla N° X, nos muestra los valores consignados en los reportes para los primeros veinte días del mes de Diciembre de 1981, concordando ampliamente con la estrategia computacional.

TABLA N° X

Día	N° FILA	N° DE CELDA	Producción Teórica (TM)	Producción Real (TM)	Eficiencia de Corriente.
1	2	29	87.742	82.715	94.27
	4	26	78.332	71.708	91.54
	5	29	86.708	79.079	91.20
	7	26	78.420	71.601	91.30
2	1	29	87.919	81.700	92.93
	3	29	86.363	81.540	94.41
	6	29	85.456	78.387	91.19
	8	29	86.256	78.662	91.19
3	2	29	86.104	79.755	92.62
	4	26	77.324	72.273	93.47
	5	29	85.867	78.384	91.28
	7	27.5	80.705	73.480	91.05
4	1	29	86.009	81.508	94.76
	3	29	87.442	80.969	92.59
	6	29	83.557	76.313	91.40
	8	26	74.003	67.409	91.09
5	2	29	86.150	80.392	93.31
	4	26	77.768	70.390	90.51
	5	29	83.319	76.564	91.89
	7	29	83.335	75.697	90.83
6	1	29	86.469	78.912	91.26

FUENTE :

Jefatura de la División de Electrodeposición Fusión y Moldeo, 1981.

7.1.11 PARAMETRO ELECTROLITICO CONCENTRACION DEL ZINC :

La presente Tabla N° XI, nos diagramiza los valores prácticos obtenidos de la Praxis Cajamarquilla, para los días del 1 al 20 de - Noviembre, concordando con la Estrategia Computacional.

TABLA N° XI

Día	CONCENTRACION DEL ZINC (G/l)		PRODUCCION (TM)
	Entrada a Circuito	Salida de Circuito	
1	66.10	177.50	323.674
2	64.90	177.00	298.009
3	61.70	172.70	329.379
4	59.70	179.40	322.970
5	65.40	180.00	340.095
6	57.70	181.20	312.203
7	60.30	165.80	318.682
8	61.80	172.70	295.949
9	61.30	181.90	324.012
10	59.10	178.30	315.045
11	60.80	175.10	309.509
12	57.90	193.00	310.535
13	55.30	171.50	310.450
14	58.20	169.90	313.030
15	61.80	171.60	304.203
16	59.70	167.00	327.313
17	62.30	172.60	301.080
18	61.30	174.80	316.886
19	67.30	175.60	312.326
20	64.00	175.00	308.620

FUENTE :

Jefatura de la División de Electrodeposición Fusión y Moldeo, 1981.

7.1.12 PARAMETRO ELECTROLITICO REACTIVOS DE ADICION :

La presente Tabla N° XII, nos pone en claro respecto de datos prácticos que arrojó la Refinería Electrolítica Cajamarquilla, en el mes de Noviembre de 1981, concordando con la Estrategia - Computacional que preconiza la presente.

TABLA N° XII

Dña	Gelatina (g/TM)	Regaliz (g/TM)	Silicato de Sodio (G/TM)	Carbonato (G/TM)
1	55.61	19.69	19.69	119.48
2	56.37	23.90	23.90	219.80
3	44.32	19.35	19.35	214.10
4	41.48	20.50	20.50	250.08
5	44.20	18.00	18.00	109.30
6	35.14	25.10	25.10	366.64
7	32.40	18.10	18.10	313.23
8	29.01	17.36	17.36	252.70
9	38.08	21.80	21.80	337.28
10	31.66	18.90	18.90	371.80
11	25.80	30.20	30.20	241.80
12	30.30	18.10	18.10	271.10
13	46.00	23.90	23.90	232.60
14	29.60	21.80	21.80	213.40
15	38.50	22.15	22.15	147.40
16	47.80	37.30	37.30	301.90
17	35.97	20.10	20.10	294.30
18	21.80	20.80	20.80	272.36
19	35.00	38.30	38.30	333.20
20	33.00	26.10	26.10	291.10

FUENTE :

Jefatura de la División de Electrodeposición, Fusión y Moldeo, 1981.

7.1.13. PARAMETRO ELECTROLITICO AMPERAJE TOTAL :

La presente Tabla N° XIII, nos muestra en forma objetiva, los valores prácticos de este importante parámetro, son correspondiendo al mes de Octubre de 1981, concordantes con la Estrategia Computacional.

TABLA N° XIII

Día	AMPERAJE (KAMP)		PRODUCCION Catodos (TM)
	Circuito I	Circuito II	
1	52.430	52.960	302.153
2	51.870	51.030	338.616
3	53.510	52.080	295.493
4	52.970	51.800	304.352
5	53.660	51.870	309.174
6	54.080	52,190	310.816
7	53.800	52.300	317.240
8	53.800	52.900	317.240
9	53.600	51.900	317.515
10	52.490	52.160	297.822
11	53.670	52.350	306.641
12	53.330	51.980	295.827
13	50.150	49.240	313.820
14	31.900	31.400	315.551
15	53.112	52.175	252.113
16	53.00	52.00	252.333
17	52.770	52.210	305.002
18	52.970	52.190	305.990
19	53.070	52.320	317.917
20	53.110	52.080	313.963

FUENTE :

Jefatura de la División de Electrodeposición de Fusión
y Moldeo, 1981 - Octubre.

7.1.14. PARAMETRO ELECTROLITICO RESISTIVIDAD DE ELECTROLITO :

La presente Tabla N° XIV, muestra diagramatizada, los valores prácticos concerniente a este vital parámetro, referido al mes - de Noviembre de 1982, concordante con la Estrategia Computacional.

TABLA N° XIV

<u>DIA</u>	<u>RESISTIVIDAD DE ELECTROLITO (OHM-CM)</u>	<u>PRODUCCION (TM)</u>
01	7.12	323.674
02	7.73	298.009
03	7.76	329.379
04	8.20	322.970
05	7.73	340.095
06	7.92	312.203
07	7.89	318.682
08	7.93	295.949
09	7.86	324.012
10	7.85	315.045
11	7.97	309.509
12	7.83	310.535
13	7.80	310.450
14	7.73	313.030
15	7.94	304.203
16	7.88	327.313
17	7.88	301.080
18	7.94	316.886
19	7.90	312.386
20	7.93	308.620

FUENTE :

Jefatura de la División de Electrodeposición Fusión y Moldeo 1981.

7.2. SABANAS ELECTROLITICAS . -

7.2.1. SABANA ELECTROLITICA N°1 :

La presente tabulación nos esquematiza los diversos parámetros relevantes en el proceso evolutivo de Casa de Celdas. Dichos valores son los registrados en la Jefatura de Electrodeposición Fusión y Moldeo desde el arranque de Planta, hasta un año de funcionamiento, constituyéndose también histórico para la Refinería Cajamarquilla y como también su importancia en el proceso remarcable, pues se parten de niveles de diseño que con el tiempo mostrarán una baja por el desgaste mecánico y envejecimiento.

Se enlista los valores de los parámetros gravitantes como : Producción, Gelatina, Regaliz, Silicato de Sodio, Carbonato de Estroncio, Reactivos de Adición, Eficiencia de Corriente, Consumo de -- Energía, Amperaje, Densidad de Corriente, Voltaje, concentración de Corriente.

Estos valores sirvieron para alimentar al computador para poder hallar las correlaciones empíricas, como también juegan un papel importante para describir su evolución en el tiempo de modo tal que se postulen las funciones de transferencia que permitan ayudarnos para hacer estimaciones, con el cual se podrán hacer el Planeamiento Operacional en Casa de Celdas.

La tabulación también muestra, vacíos que vendrán a ser datos no registrados en Casa de Celdas, pues aclarando que desde Marzo de 1,981 a Mayo de 1981, fueron meses de prueba y afinamiento de equipo siendo la producción baja. Por lo demás los restantes valores si tienen un registro minucioso para que se pueda hacer diagnósticos de la Evaluación Operacional.

7.2.2. SABANA ELECTROLITICA N° II :

En cuanto a esta sábana, se refiere al control Diario de los siguientes parámetros relevantes en la Electrodeposición del Zinc, así como : Producción Diaria, Gelatina, Regaliz, Silicato de Sodio, Carbonato de Estroncio, Concentración del Zinc en el Electrolito, Concentración del Zinc en la Solución pura, Densidad en la solución pura, Densidad en el Electrolito, Acidez de Entrada, Acidez de Salida, Temperatura de Entrada, Temperatura de Salida, Voltaje, Eficiencia de Corriente, Amperaje, Densidad de Corriente.

Las columnas de Espesor catódico y Resistividad de solución, fueron calculados apoyándose en los datos anteriores, para mayor información esta sábana corresponde al 01 de Noviembre de 1981. Los datos paramétricos valieron para postular las correlaciones empíricas electrolíticas, para generar también las funciones de transferencia de predicción Histórica muy básico en el Planeamiento operacional.

Estos valores son reales producto de la Praxis Cajamarquilla, y nos permiten a la vez conocer con autoridad el proceso Electrolítico, también sirvieron para alimentar al computador, generar los gráficos en el cual se puede notar su incidencia en la producción.

Es de destacar también que se debe apelar al uso de sábanas para poder llevar los registros operacionales de los parámetros gravitantes y de ese modo contrastar su incremento o decremento y a la vez generar correlaciones mas sensibles que se acerquen más a la realidad electrolítica de Casa de Celdas, como también confeccionar cartas Electrolíticas Patrones para notar si se va cumpliendo con las metas trazadas.

7.2.3. SABANA ELECTROLITICA N° III :

Esta Sábana Electrolítica se ocupa de los resultados que se obtienen de usar las Correlaciones óptimas para valores crecientes de la producción, poniéndonos en claro en que niveles deben estar los otros parámetros, de tal manera que los reactivos se usen los necesarios, según el requerimiento del proceso y no en demasía.

La tabulación se refiere a la Producción, Gelatina, Regaliz, Silicato de Sodio, Carbonato de Estroncio, Reactivo de Adición, Eficiencia de Corriente, Consumo de Energía, Amperaje, Densidad de Corriente, Voltaje y Concentración de Corriente.

Podemos inferir que las correlaciones, tienen una sensibilidad tal que en el capítulo respectivo se muestra, ya que son datos prácticos producto del desenvolvimiento operacional de Casa de Celdas, es por ello que el presente trabajo trata de esbozar una Estrategia Computacional que controle los parámetros lo mas cerca de la realidad Electrolítica de Casa de Celdas, más aún con los parámetros de Diseño.

Esta Sábana será también un patrón Básico muy funcional y a la vez práctico para los circuladores, panelistas, Supervisores y en suma para todo el personal de Casa de Celdas.

Los gráficos, las correlaciones empíricas y las Sábanas electrolíticas se complementan y juntan describen el proceso electrolítico del Zinc, con una meridiana claridad; Y es por esa razón que la meta de optimizar el proceso no queda en el aire, sino que cobra más ímpetu para trazar un agresivo Plan Maestro de Optimización de los parámetros gravitantes acordes con la Era Computacional en que hoy vivimos.

7.2.4. SABANA ELECTROLITICA N° IV :

La siguiente Sábana Electrolítica mostrada en esta oportunidad, es la referida a los parámetros gravitantes en el Control de Casa de Celdas a saber : Producción Diaria, Gelatina, Regaliz , Silicato de Sodio, Carbonato de Estroncio, Espesor Catódico, - Concentración de Zinc en el Electrolito, Concentración de Zinc en la Solución pura, Densidad de la Solución Pura, Densidad del Electrolito, Acidez de Entrada, Acidez de Salida, Temperatura de Entrada, Temperatura de Salida, Voltaje, Eficiencia de Corriente, Resistividad de Solución, Amperaje y Densidad de Corriente.

Este tabulaje se obtuvo apelando al uso de las Correlaciones Empíricas óptimas con lo cual se ha logrado fluctuar la producción a voluntad para apreciar su incidencia con respecto a los otros parámetros, de tal manera que se establezcan límites de frontera así como también el consumo de Reactivos sea dentro de los cauces del diseño en sí.

La Sábana III y IV, se constituyen valiosas para el control operacional de Casa de Celdas, sirviendo de Patrón de todos los parámetros que tienen su incidencia de tal manera que se podrá trazar rutas planeativas para mejorar la producción y consecuentemente con un flujo económico de divisas provechoso.

Es de remarcar que las correlaciones gráficas y Sábanas constituyen un trinomio básico para la Evolución de la Producción y es por ello que se debe hacer un estudio minucioso para tener correlaciones mas exactas y acordes con la actualidad electrolítica de Casa de Celdas.

7.2.5. PLAN MAESTRO DE OPTIMIZACION COMPUTARIZADA DE LOS PARAMETROS GRAVITANTES EN LA ELECTRODEPOSICION DEL ZINC METALICO :

Esta Sábana es la llamada a ejercer su primacía en el Control de los parámetros, sin desde luego desmerecer las anteriores, podemos decir que sintetiza todo el acontecer de Casa de Celdas en lo que respecta a parámetros Gravitantes.

Se ha cumplido con una de las metas del presente trabajo de computarizar y apelar el uso del Computador Digital para hacer todas las operaciones matemáticas en lo que envuelve el proceso Electrolítico del Zinc.

Estos resultados son los obtenidos de usar el Minicomputador Sharp Pocket Computer Model PC-1211, en Lenguaje Basic, indudablemente se constituye en una pieza clave para desentrañar los misteriosque encierra el proceso Electrolítico del Zinc, sus alcances son fabulosos, pues se recomienda el uso de esta herramienta computa-cional para hacer los cálculos, de tal manera que el Control de - las operaciones sea más exhaustivo posible.

Esta Sábana involucra desde el día del mes, número de fila, número de Celda, pérdidas por corto circuito, horas de los deslaminados, medida de los contómetros, consumo de energía. medidos con los tranforectificadores (161 , 162 , 163, 164), los KAHT, el- tiempo de Electrodeposición, Amperaje x fila, Amperaje x circuito, peso teórico , fila , circui to, acumulado, peso real: circui-to acumulado, fila, producción diaria de láminas catódicas, Eficiencia de corriente : Fila, circuito diario, Densidad de corriente : Fila, Diaria, consumo de energía diaria, Consumo de ener-gía x Tonelada, consumo de energía acumulada, Concentración-de corriente y el Espesor de catódico.

8.2. CORRELACIONES EMPIRICAS .-

I	LINEAL :	$Y = A + B.X$
II	LOGARITMICA : (I)	$Y = A.10^{BX}$
III	POTENCIAL :	$Y = A.X^B$
IV	RADICAL CUADRATICA	$Y = A \sqrt{X}$
V	LOGARITMICA (II)	$Y = A + B \ln X$
VI	HIPERBOLICA (I)	$Y = \frac{X}{A + B.X}$
VII	EXPONENCIAL	$Y = A.B^X$
VIII	LOGARITMICA (III)	$\log Y = A + \frac{B}{X}$
IX	HIPERBOLICA (II)	$Y = A + \frac{B}{X}$
X	POLINOMIAL CUBICA :	$Y = A + B.X^3$
XI	CUADRATICA :	$Y = A + B.X + C.X^2$
XII	LOGARITMICA (IV)	$\log Y = A + B.X$
XIII	COEFICIENTE DE REGRESION	$r =$
XIV	POLINOMIAL CUADRATICA :	$Y = A + B.X^2$

8.2.1. PRODUCCION MENSUAL DE LAMINAS DE ZINC - EFICIENCIA DE CORRIENTE :

- | | |
|----|---|
| I | $W = 62,580.75126 - 610.4903733 \text{ EFF}$ |
| II | $W = 1454794.5 \quad 10^{-0.026341034 \text{ EFF}}$ |

$$\text{III} \quad W = 5.661019 \times 10^{14} \text{ EFF} - 5.608381211$$

$$\text{IV} \quad W = 579.32344 \sqrt{\text{EFF}}$$

$$\text{V} \quad W = 260281 - 56143.71947 \ln (\text{EFF})$$

$$\text{VI} \quad W = \frac{\text{EFF}}{-0.1346142 + 1.6205204 \times 10^{-3} \text{ EFF}}$$

$$\text{VII} \quad W = 107.99062 \cdot 1.0439083^{\text{EFF}}$$

$$\text{VIII} \quad \text{LOG } W = 5.462725045 - \frac{157.5118583}{\text{EFF}}$$

$$\text{IX} \quad W = 49710.12651 + \frac{5162804.317}{\text{EFF}}$$

$$\text{X} \quad W = 25,154.95454 - 0.024054529 \text{ EFF}^3$$

$$\text{XI} \quad W = 5704.980957 + 0.409139 \text{ EFF} + 0.000021 \text{ EFF}^2$$

$$\text{XII} \quad \text{LOG } W = 6.162802342 - 0.026341041 \text{ EFF}$$

$$\text{XIII} \quad r = -0.23105$$

$$\text{XIV} \quad W = 34,510.59846 - 3.318855348 \text{ EFF}^2$$

8.2.1.1. Optimización Correlacional de las Ecuaciones de Producción Mensual de Láminas de Zinc Eficiencia de Corriente . -

<u>Ecuac.Empíricas</u>	<u>Promd. % Error</u>	<u>Colocación</u>
	55.8524022	10
	31.4494639	4

III	31.4891655	6
IV	28.2526427	3
V	55.8846277	11
VI	58.0935483	13
VII	27.5574207	2
VIII	27.5518688	1
IX	55.9194334	12
X	55.7867930	8
XI	32.9227641	7
XII	31.44947916	5
XIII	55.81966383	9

La Correlación Empírica óptima será entonces :

$$\text{LOG } W = 5.462725045 - \frac{157.5118583}{\text{EFF}}$$

8.2.2. PRODUCCION MENSUAL DE LAMINAS DE ZINC-VOLTAJE :

$$I \quad W = 29473 - 56.75877398 \, V$$

$$II \quad W = 320054.64 \times 10^{-4.270389 \times 10^{-3} \, V}$$

$$III \quad W = 1.8693721 \times 10^{13} \, V^{-3.639914759}$$

$$IV \quad W = 395.9821 \sqrt{V}$$

$$V \quad W = 134699.5773 - 21,347.58875 \, \ln(V)$$

$$VI \quad W = \frac{V}{-0.136642365 + 4.8789192 \times 10^{-4} \, V}$$

$$VII \quad W = 333984.25 \times 0.99011312^V$$

$$VIII \quad \text{LOG } W = 2.292343573 + \frac{603.4618201}{V}$$

$$IX \quad W = -13,229.05182 + \frac{8'020,540.33}{V}$$

$$X \quad W = 15,247.81046 - 1.33304 \times 10^{-4} \, V^3$$

$$XI \quad W = 6164.572754 - 0.003347 \, V + 0.000082 \, V^2$$

$$XII \quad \text{LOG } W = 5.50513743 - 4.270169 \times 10^{-3} \, V$$

$$XIII \quad r = -0.45158$$

$$XIV \quad W = 18,801.78052 - 0.07536508 \, V^2$$

8.2.2.1. Optimización Correlacional de las Ecuaciones de Producción Mensual de Láminas de Zinc - Voltaje .-

<u>Ecuac. Empíricas</u>	<u>Promed. % Error</u>	<u>Colocación</u>
I	4.6487699	10
II	2.2781597	1
III	4.8094948	12
IV	3.7710550	7
V	2.8042374	5
VI	2.8853839	6
VII	2.6142943	4
VIII	2.4020516	3
IX	4.7247773	11
X	4.6227262	8
XI	-12.3149393	13
XII	2.3448560	2
XIII	4.6226780	9

La correlación Empírica óptima será entonces :

$$W = 320054.64 \times 10^{-4.270389 \times 10^{-3}} \text{ V}$$

8.2.3. PRODUCCION MENSUAL DE LAMINAS DE ZINC - CONSUMO DE ENERGIA/ TONELADA

$$I \quad W = 4,708.203174 + 1.144234538 \text{ (KWH/TM)}$$

$$II \quad W = 5,325.089 \times 10^{5.6427039 \times 10^{-5}} \text{ (KWH/TM)}$$

$$III \quad W = 855.48216 \text{ (KWH/TM)}^{0.277005}$$

$$IV \quad W = 145.78627 \sqrt{\text{ (KWH/TM)}}$$

$$V \quad W = 12210.68464 + 2542.28897 \text{ Ln (KWH/TM)}$$

$$VI \quad W = \frac{\text{ (KWH/TM)}}{0.11098615 + 8.5663082 \times 10^{-5} \text{ (KWH/TM)}}$$

$$VII \quad W = 5325.0888 \times 1.0001299^{\text{ (KWH/TM)}}$$

$$VIII \quad \text{LOG } W = 3.985388377 + 268.5994971 / \text{ (KWH/TM)}$$

$$IX \quad W = 9961.484619 - \frac{5446694.034}{\text{ (KWH/TM)}}$$

$$X \quad W = 6254.127961 + 6.9563762 \times 10^{-8} \text{ (KWH/TM)}^3$$

$$XI \quad W = 5952.879395 + 0.200091 \text{ (KWH/TM)} + 0.000052 \text{ (KWH/TM)}$$

$$XII \quad \text{LOG } W = 3.726326873 + 5.6427039 \times 10^{-5} \text{ (KWH/TM)}$$

$$XIII \quad r = 0.299937626$$

$$XIV \quad W = 5,900.859479 + 2.4847114 \times 10^{-4} \text{ (KWH/TM)}^2$$

8.2.3.1. Optimización Correlacional de las Ecuaciones de Pro-
ducción Mensual de Láminas de Zinc - Consumo de --
Energía / Tonelada :

<u>Eduac. Empíricas</u>	<u>Promed. % Error</u>	<u>Colocación</u>
I	5.8749273	10
II	3.42944340	2
III	3.43819650	4
IV	3.5667468	6
V	5.8876638	11
VI	5.8380400	7
VII	3.421 2705	1
VIII	3.4507731	5
IX	5.8976891	12
X	5.8415328	8
XI	-4.26357940	13
XII	3.4294366	3
XIII	5.8594863	9

La correlación óptima será entonces :

$$W = 5325.0888 \times 1.0001299 \text{ (KWH/TM)}$$

8.2.4. PRODUCCION MENSUAL DE LAMINAS DE ZINC - DENSIDAD DE CORRIENTE :

I $W = - 6541.511629 + 39.03860202 J$

II $W = 342.96667 \times 10^{3.6123136 \times 10^{-3} J}$

III $W = 2.4771883 \times 10^{-3} J^{2.525708859}$

IV $W = 306.84061 \sqrt{J}$

V $W = - 62261.74252 + 11881.57355 (J)$

VI $W = \frac{J}{0.142525819 - 2.51472 \times 10^{-4} J}$

VII $W = 342.96671 \times 1.0083523^J$

VIII $\text{LOG } W = 4.757938993 - \frac{322.8204956}{J}$

IX $W = 17479.26974 - \frac{3483,346.908}{J}$

X $W = 1195.688386 + 1.268081 \times 10^{-4} J^3$

XI $W = 6,127.733398 - 0.035854 J + 0.000091 J^2$

XII $\text{LOG } W = 2.535251914 + 3.6123136 \times 10^{-3} J$

$$\text{XIII} \quad r = 0.910828679$$

$$\text{XIV} \quad W = - 928.864138 + 0.062810117 J^2$$

8.2.4.1. Optimización Correlacional de las Ecuaciones de Producción Mensual de Láminas de Zinc - Densidad de Corriente:

<u>Ecuac. Empíricas</u>	<u>Promed. % Error</u>	<u>Colocación</u>
I	8.6375155	10
II	4.6558852	4
III	4.55607020	2
IV	19.5608958	12
V	4.5398438	1
VI	6.5203617	8
VII	4.6542681	3
VIII	5.0849500	6
IX	6.7317110	9
X	11.1477570	11
XI	41.78425610	13
XII	4.6558884	5
XIII	6.4408510	7

La correlación Empírica óptima será entonces :

$$W = - 62261.74252 + 11881.57355 \ln (J)$$

8.2.5. PRODUCCION MENSUAL DE LAMINAS DE ZINC - CONCENTRACION DE CORRIENTE :

$$I \quad W = - 6434.697761 + 3.080239093 \text{ (CC)}$$

$$II \quad W = 352.15588 - 2.8463995 \times 10^{-4} \text{ (CC)}$$

$$III \quad W = 5.2634466 \times 10^{-6} \text{ (CC)}^{2.497197596}$$

$$IV \quad W = 86.581032 \sqrt{\text{(CC)}}$$

$$V \quad W = - 91355.26698 + 11,764.65127 \ln \text{(CC)}$$

$$VI \quad W = \frac{\text{(CC)}}{1.782115814 - 2.489281 \times 10^{-4} \text{ (CC)}}$$

$$VII \quad W = 352.15594 \times 1.0006556 \text{ (CC)}$$

$$VIII \quad \text{LOG } W = 4.746130375 - \frac{3997.111377}{\text{(CC)}}$$

$$IX \quad W = 17,366.12037 - \frac{43'254,850.76}{\text{(CC)}}$$

$$X \quad W = 1208.300575 + 6.3474299 \times 10^{08} \text{ (CC)}^3$$

$$XI \quad W = 6217.134277 - 0.027167 \text{ (CC)} + 0.000084 \text{ (CC)}^2$$

$$XII \quad \text{LOG } W = 2.546181726 + 2.8469388 \times 10^{-4} \text{ (CC)}$$

$$XIII \quad r = 0.638680104$$

$$XIV \quad W = 661.3010031 + 3.8913032 \times 10^{-4} \text{ (CC)}^2$$

8.2.5.1. Optimización Correlacional de las Ecuaciones de Producción Mensual de Láminas de ZINC-Concentración de Corriente .-

<u>Ecuac. Empíricas</u>	<u>Promedio % Error</u>	<u>Colocación</u>
I	8.1249679	9
II	4.4235665	6
III	4.3361858	3
IV	19.3791308	12
V	4.2164232	2
VI	4.1576857	1
VII	4.4137670	5
VIII	4.77981516	7
IX	6.1695216	8
X	10.6290890	11
XI	68.5508775	13
XII	4.3447159	4
XIII	9.3585690	10

La correlación Empírica óptima será entonces :

$$W = \frac{\text{(CC)}}{1.782115814 - 2.489281 \times 10^{-4} \text{ (CC)}}$$

8.2.6. PRODUCCION MENSUAL DE LAMINAS DE ZINC-KILOAMPERAJE :

$$I \quad W = -6434.697761 + 308.0239093 (KAMP)$$

$$II \quad W = 352.15588 \cdot 10^{0.028463995 (KAMP)}$$

$$III \quad W = 0.51764988 (KAMP)^{2.498271261}$$

$$IV \quad W = 865.81032 \sqrt{(KAMP)}$$

$$V \quad W = 37177.04414 + 11764.65087 \ln (KAMP)$$

$$VI \quad W = \frac{(KAMP)}{0.017821158 - 2.48928 \times 10^{-5} (KAMP)}$$

$$VII \quad W = 352.12369 \times 1.0677391^{(KAMP)}$$

$$VIII \quad \log W = 4.746130375 - \frac{39.97111377}{(KAMP)}$$

$$IX \quad W = 17,366.12037 - \frac{432,548.5076}{(KAMP)}$$

$$X \quad W = 1208.300575 + 0.063474299 (KAMP)^3$$

$$XI \quad W = 6015.534180 + 0.035825(KAMP) + 0.000081(KAMP)^2$$

$$XII \quad \log W = 0.783967736 + 0.018484345 (KAMP)$$

$$XIII \quad r = 0.918009311$$

$$XIV \quad W = 661.3010031 + 3.891303239 (KAMP)^2$$

8.2.6.1. Optimización Correlacional de las Ecuaciones de Producción Mensual de Láminas de Zinc - Kiloamperaje :

<u>Ecuación Empírica</u>	<u>Promedio % Error</u>	<u>Colocación</u>
I	8.12496790	6
II	12.80319933	9
III	4.35982910	2
IV	30.30293366	10
V	4.21590410	1
VI	- 30.30431430	11
VII	4.42558100	3
VIII	4.77981510	4
IX	6.16952160	5
X	10.62908900	8
XI	39.27317960	12
XII	- 99.29353000	13
XIV	9.35711240	7

La Correlación Empírica óptima será entonces :

$$W = - 37,177.04414 + 11,764.65087 \ln KAMP$$

8.2.7. PRODUCCION MENSUAL DE LAMINAS DE ZINC-REACTIVO DE

ADICION GELATINA :

$$I \quad W = -720.43 + 14.0687$$

$$II \quad W = 913.446 \cdot 10^{1.4814 \times 10^{-3}} \text{ GE}$$

$$III \quad W = 1.7273258 \text{ GE}^{1.313485}$$

$$IV \quad W = 256.53113 \sqrt{\text{GE}}$$

$$V \quad W = -29,627.59685 + 5880.551441 \text{ Ln (GE)}$$

$$VI \quad W = \frac{\text{GE}}{0.0962847 - 2.907871 \times 10^{-5} \text{ GE}}$$

$$VII \quad W = 1193.6195 \cdot 1.00287^{\text{GE}}$$

$$VIII \quad \text{LOG } W = 4.230341 - \frac{199.70484}{\text{GE}}$$

$$IX \quad W = 11657.44993 - \frac{2108,943.758}{\text{GE}}$$

$$X \quad W = 2893.618399 + 1.8890879 \times 10^{-5} (\text{GE})^3$$

$$XI \quad W = -3488.712891 + 28.223234 \text{ GE} - 0.014914 \text{ GE}^2$$

$$XII \quad \text{LOG } W = 3.058227342 + 1.33229 \times 10^{-3} \text{ GE}$$

$$XIII \quad r = 0.9339$$

$$XIV \quad W = 2030.63683 + 0.014822083 \text{ GE}^2$$

8.2.7.1. Optimización Correlacional de las Ecuaciones de Producción Mensual de Láminas de Zinc - Reactivos de Adición Gelatina .-

<u>Ecuación Empírica</u>	<u>Promedio % Error</u>	<u>Colocación</u>
I	4.6541678	9
II	-1.7119113	5
III	1.1229656	3
IV	10.3089928	12
V	-6.661505×10^{-2}	2
VI	3.32961630	8
VII	-3.11114650	7
VIII	1.46105401	4
IX	-7.84691283	10
X	12.53181650	13
XI	1.1437544×10^{-3}	1
XII	2.872404400	6
XIII	9.154901200	11

La correlación Empírica Óptima será entonces :

$$W = -3488.712891 + 28.223234 GE - 0.014914 GE^2$$

8.2.8. PRODUCCION MENSUAL DE LAMINAS DE ZINC - REACTIVO DE
ADICION REGALIZ :

$$I \quad W = 2500.432 + 13.4034 \text{ RE}$$

$$II \quad W = 1989.0172 + 1.4845 \times 10^{-3} \text{ RE}$$

$$III \quad W = 8.7933776 \text{ RE}^{1.140699}$$

$$IV \quad W = 328.6596 \sqrt{\text{RE}}$$

$$V \quad W = 16,341.53944 + 4045.347458 \ln (\text{RE})$$

$$VI \quad W = \frac{(\text{RE})}{0.024939442 + 6.5977446 \times 10^{-5} (\text{RE})}$$

$$VII \quad W = 1989.0173 + 1.0034241 \text{ RE}$$

$$VIII \quad W = 4.214583 - \frac{127.28131}{\text{RE}}$$

$$IX \quad W = 10,770.34297 - \frac{1149201.446}{\text{RE}}$$

$$X \quad W = 5024.483888 + 4.4596414 \times 10^{-5} (\text{RE})^3$$

$$XI \quad W = -514.870483 + 26.694601 \text{ RE} - 0.019078 (\text{RE})^2$$

$$XII \quad \log W = 3.298638535 + 1.4845124 \times 10^{-3}$$

$$XIII \quad r = 0.4415$$

$$XIV \quad W = 4441.116988 + 0.020937241 (\text{RE})^2$$

8.2.8.1. Optimización Correlacional de las Ecuaciones de Producción Mensual de Láminas de Zinc - Reactivo de Adición Regaliz .-

<u>Ecuación Empírica</u>	<u>Promedio % Error</u>	<u>Colocación</u>
I	37.4189920	11
II	16.9319-466	3
III	15.0111712	2
IV	19.997309660	5
V	21.3878878	6
VI	22.6299690	7
VII	29.6553239	9
VIII	25.4254592	8
IX	33.5835928	10
X	41.4064576	13
XI	1.36408687	1
XII	16.9330388	4
XIII	38.8593404	12

La correlación empírica óptima será entonces :

$$W = -514.870483 + 26.694601 \text{ RE} - 0.019078 (\text{RE})^2$$

8.2.9. PRODUCCION MENSUAL DE LAMINAS DE ZINC - REACTIVO DE ADICION SILICATO DE SODIO :

$$I \quad W = 2760.666 + 12.8941 \text{ Si}$$

$$II \quad W = 2150.1159 - 1.4109 \times 10^{-3} \text{ Si}$$

$$III \quad W = 14.431306 \text{ Si}^{1.059559}$$

$$IV \quad W = 334.42142 \sqrt{\text{Si}}$$

$$V \quad W = 13722.57355 + 3600.013434 \ln (\text{Si})$$

$$VI \quad W = \frac{\text{Si}}{0.022602011 + 7.0987084 \times 10^{-5} \text{ Si}}$$

$$VII \quad W = 2150.116 - 1.0032541 \text{ Si}$$

$$VIII \quad \text{LOG } W = 4.191138 - \frac{116.16683}{\text{Si}}$$

$$IX \quad W = 10607.72095 - \frac{1061596.008}{\text{Si}}$$

$$X \quad W = 5137.969619 + 4.0515435 \times 10^{-5} (\text{Si})^3$$

$$XI \quad W = -149.560822 + 27.813076 \text{ Si} - 0.021626 \text{ Si}^2$$

$$XII \quad \text{LOG } W = 3.332461862 + 1.4109613 \times 10^{-3} \text{ Si}$$

$$XIII \quad r = 0.4412$$

$$XIV \quad W = 4581.65584 + 0.020382574 (\text{Si})^2$$

8.2.9.1. Optimización Correlacional de las Ecuaciones de Producción Mensual de Láminas de Zinc = Reactivo de Adición Silicato de Sodio .-

<u>Ecuación Empírica</u>	<u>Promedio % Error</u>	<u>Colocación</u>
I	37.8669614	11
II	19.53033566	5
III	15.4352370	2
IV	21.57729416	7
V	21.9601616	8
VI	22.9724365	9
VII	17.2604586	3
VIII	14.5424220	1
IX	34.47946483	10
X	40.24107633	13
XI	20.91863590	6
XII	17.26198260	4
XIII	39.19643660	12

La correlación empírica óptima será entonces :

$$\text{LOG } W = 4.191138 - \frac{116.16683}{Si}$$

B.2.10. PRODUCCION MENSUAL DE LAMINAS DE ZINC - REACTIVO DE
ADICION CARBONATO DE ESTRONCIO :

$$I \quad W = 3796.348 + 1.1214 \text{ CA}$$

$$II \quad W = 2858.5959 - 10^{1.1263 \times 10^{-4} \text{ CA}}$$

$$III \quad W = 28.44423 \text{ CA}^{0.702068}$$

$$IV \quad W = 129.74745 \sqrt{\text{CA}}$$

$$V \quad W = -12,577.28515 + 2542.924434 \ln(\text{CA})$$

$$VI \quad W = \frac{\text{CA}}{0.057034053 + 1.0807144 \times 10^{-4} \text{ CA}}$$

$$VII \quad W = 3007.9182 \times 1.0002518^{\text{CA}}$$

$$VIII \quad \text{LOG } W = 4.000708 - \frac{312.5837}{\text{CA}}$$

$$IX \quad W = 9155.347068 - \frac{3204023.56}{\text{CA}}$$

$$X \quad W = 5013.77393 + 8.4898575 \times 10^{-8} (\text{CA})^3$$

$$XI \quad W = 5245.822031 + 2.272688 \text{ CA} - 0.000308 \text{ CA}^2$$

$$XII \quad W = 3.431439794 + 1.1219283 \times 10^{-4} \text{ CA}$$

$$XIII \quad r = 0.6446$$

$$XIV \quad W = 5032.638109 + 1.7004714 \times 10^{-4} (\text{CA})^2$$

8.2.10.1. Optimización Correlacional de las Ecuaciones de Producción -
de Láminas de Zinc - Reactivo de Adición Carbonato de Estroncio .

<u>Ecuación Empírica</u>	<u>Promedio % Error</u>	<u>Colocación</u>
I	27.9829475	10
II	9.806432833	7
III	3.95867460	2
IV	5.3026785	4
V	7.8890067	6
VI	19.4936293	9
VII	13.48754016	8
VIII	4.4333765	3
IX	-7.0781215	5
X	59.11687516	12
XI	67.93911380	13
XII	3.5329040	1
XIII	35.6881924	11

La Correlación Empírica Óptima será entonces :

$$\text{LOG } W = 3.431439794 + 1.1219283 \times 10^{-4} \text{ CA}$$

8.2.11. PRODUCCION MENSUAL DE LAMINAS DE ZINC - REACTIVOS DE

ADICION :

$$I \quad W = -401.3796 + 2.446 \text{ RAD}$$

$$II \quad W = 1157.6223 \times 10^{2.4044 \times 10^{-4} \text{ RAD}}$$

$$III \quad W = 0.28679296 \text{ RAD}^{1.2574594}$$

$$IV \quad W = 109.54532 \sqrt{\text{RAD}}$$

$$V \quad W = -36153.98586 + 5437.010688 \text{ Ln (RAD)}$$

$$VI \quad W = \frac{\text{RAD}}{0.489929119 - 1.721915 \times 10^{-5} \text{ RAD}}$$

$$VII \quad W = 1157.6324 \times 1.0005538^{\text{RAD}}$$

$$VIII \quad \text{LOG } W = 4.1900565 - \frac{291.7595}{\text{RAD}}$$

$$IX \quad W = 11,059.86099 - \frac{1'009,489.94}{\text{RAD}}$$

$$X \quad W = 2965.69957 + 1.1250415 \times 10^{-7} (\text{RAD})^3$$

$$XI \quad W = 5337.025391 + 1.389326 \text{ RAD} - 0.000150 \text{ RAD}^2$$

$$XII \quad \text{LOG } W = 3.063570638 + 2.4044229 \times 10^{-4} \text{ RAD}$$

$$XIII \quad r = 0.8835$$

$$XIV \quad W = 2156.098629 + 4.7795544 \times 10^{-4} (\text{RAD})^2$$

8.2.11.1. Optimización Correlacional de las Ecuaciones de Producción
de Láminas de Zinc - Reactivo de Adición .-

<u>Ecuación Empírica</u>	<u>Promedio % Error</u>	<u>Colocación</u>
I	6.58531240	8
II	5.28528200	6
III	1.69523390	2
IV	9.34529466	9
V	4.1347954×10^{-1}	1
VI	4.230893500	5
VII	3.37718730	4
VIII	132.77096030	13
IX	-6.16629066	7
X	14.42661200	11
XI	70.14189300	12
XII	3.37628190	3
XIII	11.11997620	10

La Correlación Empírica óptima será entonces :

$$W = -36153.88586 + 5437.010688 \text{ LN (RAD)}$$

8.2.12. PRODUCCION DIARIA DE LAMINAS DE ZINC-REACTIVO DE ADICION

GELATINA :

$$I \quad W = 303.0697 + 0.309338 \text{ GE}$$

$$II \quad W = 03.46279 \times 10^{4.1330374 \times 10^{-4} \text{ GE}}$$

$$III \quad W = 274.55414 \text{ GE}^{0.03776562}$$

$$IV \quad W = 52.031684 \sqrt{\text{GE}}$$

$$V \quad W = 301.0098091 + 4.001740062 \text{ Ln (GE)}$$

$$VI \quad W = \frac{\text{GE}}{3.702243 \times 10^{-3} + 3.0725894 \times 10^{-3} \text{ GE}}$$

$$VII \quad W = 303.46275 \times 1.0009521^{(\text{GE})}$$

$$VIII \quad \text{LOG } W = 2.513718634 - \frac{0.570557277}{(\text{GE})}$$

$$IX \quad W = 326.602966 - \frac{430.777577}{(\text{GE})}$$

$$X \quad W = 310.7772808 + 6.2542489 \times 10^{-5} (\text{GE})^3$$

$$XI \quad \text{LOG } W = 2.482105442 + 4.1330373 \times 10^{-4} (\text{GE})$$

$$XII \quad r = 0.259941086$$

$$XIII \quad W = 308.8871182 + 3.8875017 \times 10^{-3} (\text{GE})^2$$

8.2.12.1. Optimización Correlacional de las Ecuaciones de Producción
Diaria de Láminas de Zinc - Reactivo de Adición Gelatina .-

<u>Ecuación Empírica</u>	<u>Promedio % Error</u>	<u>Colocación</u>
I	1.0852703×10^{-1}	5
II	9.0656185×10^{-1}	12
III	5.3953549×10^{-2}	2
IV	6.7577615×10^{-1}	11
V	4.9089441×10^{-1}	9
VI	2.9143073×10^{-1}	8
VII	5.4277633×10^{-2}	3
VIII	5.4096999×10^{-1}	10
IX	3.3693935×10^{-2}	1
X	1.1044662×10^{-1}	7
XI	5.4364708×10^{-2}	4
XII	$1.09375720 \times 10^{-1}$	6

La Correlación Empírica óptima será entonces :

$$W = 326.602966 - \frac{430.777577}{(GE)}$$

8.2.13. PRODUCCION DIARIA DE LAMINAS DE ZINC - REACTIVO DE ADICION

REGALIZ :

$$I \quad W = 315.611029 - 0.03942 \text{ RE}$$

$$II \quad W = 315.18375 \times 10^{-3.974336 \times 10^{-5} \text{ RE}}$$

$$III \quad W = 321.67922 \text{ RE}^{-7.23359 \times 10^{-3}}$$

$$IV \quad W = 66.355078 \sqrt{\text{(RE)}}$$

$$V \quad W = 318.1541181 - 1.102704636 \text{ Ln (RE)}$$

$$VI \quad W = \frac{(\text{RE})}{4.7697391 \times 10^{-4} + 3.15752 \times 10^{-3} (\text{RE})}$$

$$VII \quad W = 315.18335 \times 0.099990851^{(\text{RE})}$$

$$VIII \quad \text{LOG } W = 2.49643201 + \frac{0.026680125}{(\text{RE})}$$

$$IX \quad W = 313.4965939 + \frac{26.46980002}{(\text{RE})}$$

$$X \quad W = 314.9502183 - 1.667051 \times 10^{-5} (\text{RE})^3$$

$$XI \quad W = 2.498563246 - 3.973373^{-5} (\text{RE})$$

$$XII \quad r = -0.021283801$$

$$XIII \quad W = 315.1067174 - 7.158191 \times 10^{-4} (\text{RE})^2$$

8.2.13.1. Optimización Correlacional de las Ecuaciones de Producción

Diaria de Láminas de Zinc - Reactivo de Adición Regaliz .-

<u>Ecuación Empírica</u>	<u>Promedio % Error</u>	<u>Colocación</u>
I	1.1593143×10^{-1}	7
II	3.1073472×10^{-1}	11
III	5.7708377×10^{-2}	2
IV	7.0870049×10^{-1}	12
V	1.2251037×10^{-1}	10
VI	6.5499931×10^{-2}	5
VII	5.7794365×10^{-2}	3
VIII	5.7691934×10^{-2}	1
IX	1.1578042×10^{-1}	6
X	1.1607465×10^{-1}	9
XI	5.7798393×10^{-2}	4
XII	1.1600411×10^{-1}	8

La correlación Empírica óptima será entonces :

$$\text{LOG } W = 2.49643201 + \frac{0.026680125}{(\text{RE})}$$

8.2.14. PRODUCCION DIARIA DE LAMINAS DE ZINC - REACTIVO DE ADI- CION SILICATO DESODIO:

$$I \quad W = 315.611029 - 0.03942 \text{ Si}$$

$$II \quad W = 315.18375 \times 10^{-3.974336 \times 10^{-5} \text{ Si}}$$

$$III \quad W = 321.67922 \text{ Si}^{-7.233591 \times 10^{-3}}$$

$$IV \quad W = 66.355078 \sqrt{\text{Si}}$$

$$V \quad W = 318.1541181 - 1.102704636 \text{ LN (Si)}$$

$$VI \quad W = \frac{(\text{Si})}{4.7697391 \times 10^{-4} + 3.15752 \times 10^{-3} \text{ Si}}$$

$$VII \quad W = 315.18335 \times 0.99990851^{(\text{Si})}$$

$$VIII \quad W = 2.49643201 + \frac{0.026680125}{(\text{Si})}$$

$$IX \quad W = 313.4965939 + \frac{26.46980002}{\text{Si}}$$

$$X \quad W = 314.9502183 - 1.667051 \times 10^{-5} (\text{Si})^3$$

$$XI \quad \text{LOG } W = 2.498563246 - 3.973373 \times 10^{-5} (\text{Si})$$

$$XII \quad r = -0.021283801$$

$$XIII \quad W = 315.1067174 - 7.158191 \times 10^{-4} (\text{Si})^2$$

8.2.14.1. Optimización Correlacional de las Ecuaciones de Producción
Diaria de Láminas de Zinc - Reactivo de Adición Silicato de
Sodio .-

<u>Ecuación Empírica</u>	<u>Promedio % Error</u>	<u>Colocación</u>
I	1.1593143×10^{-1}	7
II	3.1073471×10^{-1}	11
III	5.7708377×10^{-2}	2
IV	7.0870049×10^{-1}	12
V	1.2251037×10^{-1}	10
VI	6.5499931×10^{-2}	5
VII	5.7794365×10^{-2}	3
VIII	5.7691934×10^{-2}	1
IX	1.1578042×10^{-2}	6
X	1.1607465×10^{-1}	9
XI	5.7798393×10^{-2}	4
XII	1.1600411×10^{-1}	8

La correlación Empírica óptima será entonces :

$$\text{LOG } W = 2.49643201 + \frac{0.026680125}{(\text{Si})}$$

8.2.15. PRODUCCION DIARIA DE LAMINAS DE ZINC - REACTIVO DE ADICION CARBONATO DE ESTRONCIO :

$$I \quad W = 326.5514782 - 0.048176812 \text{ CA}$$

$$II \quad W = 326.15091 \times 10^{-6.415231 \times 10^{-5} \text{ CA}}$$

$$III \quad W = 387.65245 \text{ CA}^{-0.038303188}$$

$$IV \quad W = 20.381786 \sqrt{\text{CA}}$$

$$V \quad W = 371.1838048 - 10.34819736 \text{ LN (CA)}$$

$$VI \quad W = \frac{(\text{CA})}{-0.012088664 + 3.2361567 \times 10^{-3} (\text{CA})}$$

$$VII \quad W = 326.15047 \times 0.99985231^{(\text{CA})}$$

$$VIII \quad \text{LOG } W = 2.485373715 + \frac{2.718975281}{(\text{CA})}$$

$$IX \quad W = 304.8026248 + \frac{2182.009096}{(\text{CA})}$$

$$X \quad W = 319.7600727 - 2.784252^{-7} (\text{CA})^3$$

$$XI \quad \text{LOG } W = 2.513417999 - 6.414611 \times 10^{-5} (\text{CA})$$

$$XII \quad r = -0.305672678$$

$$XIII \quad W = 330.3803629 - 1.640253 \times 10^{-4} (\text{CA})^2$$

8.2.15.1. Optimización Correlacional de las Ecuaciones de Producción
Diaria de Láminas de Zinc - Reactivo de Adición Carbonato
de Estroncio .-

<u>Ecuación Empírica</u>	<u>Promedio % Error</u>	<u>Colocación</u>
I	1.0732759×10^{-1}	9
II	1.8129674×10^{-2}	2
III	5.0474151×10^{-2}	4
IV	7.2250191×10^{-1}	11
V	1.038648×10^{-1}	8
VI	-1.380252×10^{-2}	1
VII	5.3026203×10^{-2}	6
VIII	4.8445595×10^{-2}	3
IX	8.3560887×10^{-2}	7
X	1.0988996×10^{-1}	10
XI	5.3000028×10^{-2}	5
XII	1.169407050	12

La Correlación Empírica óptima será entonces :

$$W = \frac{(CA)}{-0.012088664 + 3.2361567 \times 10^{-3} (CA)}$$

8.2.16 PRODUCCION DIARIA DE LAMINAS DE ZINC - REACTIVOS DE

ADICION :

$$I \quad W = 328.4758 - 0.041789 \text{ RAD}$$

$$II \quad W = 328.04978 \times 10^{-5.548204 \times 10^{-5}} \text{ RAD}$$

$$III \quad W = 414.97805 \text{ RAD}^{-0.048007026}$$

$$IV \quad W = 17.534198 \sqrt{(\text{RAD})}$$

$$V \quad W = 389.1920307 - 12.9015169 \text{ LN}(\text{RAD})$$

$$VI \quad W = \frac{\text{RAD}}{-0.023183832 + 3.2533801 \times 10^{-3} \text{ RAD}}$$

$$VII \quad W = 328.04979 \times 0.99987226^{(\text{RAD})}$$

$$VIII \quad \text{LOG } W = 2.480400327 + \frac{5.16784903}{(\text{RAD})}$$

$$IX \quad W = 302.7057263 + \frac{3772.744448}{(\text{RAD})}$$

$$X \quad W = 319.9792402 - 1.301727 \times 10^{-7} (\text{RAD})^3$$

$$XI \quad \text{LOG } W = 2.515939751 - 5.548204 \times 10^{-5} (\text{RAD})$$

$$XII \quad r = 0.270190456$$

$$XIII \quad W = 322.3526678 - 6.700704 \times 10^{-5} (\text{RAD})^2$$

8.2.16.1. Optimización Correlacional de las Ecuaciones de Producción
Diaria de Láminas de Zinc - Reactivos de Adición .-

<u>Ecuaciones Empíricas</u>	<u>Promedio % Error</u>	<u>Colocación</u>
I	1.0714533×10^{-1}	7
II	2.3151503×10^{-1}	11
III	5.2568499×10^{-2}	1
IV	7.9367515×10^{-1}	12
V	1.0612213×10^{-1}	6
VI	5.7728388×10^{-2}	3
VII	8.2582524×10^{-2}	5
VIII	$-6.88196900 \times 10^{-2}$	4
IX	$1.21075170 \times 10^{-1}$	9
X	1.1144345×10^{-1}	8
XI	5.4089585×10^{-2}	2
XII	1.2326587×10^{-1}	10

La correlación Empírica óptima será entonces :

$$W = 414.97805 \text{ RAD} \quad -0.048007026$$

8.2.17. PRODUCCION DIARIA DE LAMINAS DE ZINC - ESPESOR :

$$I \quad W = -26.0996 + 1090.1993 E_s$$

$$II \quad W = 108.91274 \times 10^{1.475386578 E_s}$$

$$III \quad W = 1127.503 E_s^{1.09766961}$$

$$IV \quad W = 562.61839 \sqrt{E_s}$$

$$V \quad W = 716.7721046 + 345.6839846 \ln(E_s)$$

$$VI \quad W = \frac{(E_s)}{1.0737674 \times 10^{-3} - 2.571803 \times 10^{-4} E_s}$$

$$VII \quad W = 107.35593 \times 31.142077^{(E_s)}$$

$$VIII \quad \log(W) = 2.978373506 - \frac{0.150190383}{(E_s)}$$

$$IX \quad W = 665.4981802 - \frac{109.5971021}{(E_s)}$$

$$X \quad W = 204.4267401 + 3603.663835 (E_s)^3$$

$$XI \quad \log W = 2.030826618 + 1.493345718 (E_s)$$

$$XII \quad r = 0.763559063$$

$$XIII \quad W = 146.854588 + 1716.654379 E_s^2$$

8.2.17.1. Optimización Correlacional de las Ecuaciones de Producción

Diaria de Láminas de Zinc - Espesor .-

<u>Ecuación Empírica</u>	<u>Promedio % Error</u>	<u>Colocación</u>
I	4.7116503×10^{-2}	7
II	$-1.7684180 \times 10^{-2}$	1
III	2.3961938×10^{-2}	3
IV	2.5861023×10^{-2}	6
V	5.5910430×10^{-2}	11
VI	5.6379953×10^{-2}	12
VII	2.4397715×10^{-2}	4
VIII	2.3543669×10^{-2}	2
IX	4.7760108×10^{-2}	8
X	4.9581143×10^{-2}	10
XI	2.4398592×10^{-2}	5
XII	4.9127292×10^{-2}	9

La Correlación Empírica será entonces :

$$W = 108.91274 \times 10^{1.475386578} E_s$$

8.2.18• PRODUCCION DIARIA DE LAMINAS DE ZINC - CONCENTRACION
DEL ZINC (Zn^{+2}) EN EL ELECTROLITO AGOTADO :

$$I \quad W = 296.6524 + 0.29429 Zn^{+2}$$

$$II \quad W = 297.22844 \times 10^{3.9514304 \times 10^{-4} Zn^{+2}}$$

$$III \quad W = 255.7311 (Zn^{+2})^{0.050282611}$$

$$IV \quad W = 40.185348 \sqrt{(Zn^{+2})}$$

$$V \quad W = 240.2538058 + 18.0914235 \ln(Zn^{+2})$$

$$VI \quad W = \frac{(Zn^{+2})}{0.011397844 + 2.9913614 \times 10^{-3} (Zn^{+2})}$$

$$VII \quad W = 299.0087 \times 1.0008249^{(Zn^{+2})}$$

$$VIII \quad \log W = 2.519720383 - \frac{1.3505855416}{(Zn^{+2})}$$

$$IX \quad W = 332.8420807 - \frac{1109.926679}{(Zn^{+2})}$$

$$X \quad W = 308.7061105 - 2.5804714 \times 10^{-5} (Zn^{+2})$$

$$XI \quad \log W = 2.475684016 + 3.5810327 \times 10^{-4} (Zn^{+2})$$

$$XII \quad r = 0.081844597$$

$$XIII \quad W = 305.6945909 + 2.3888958 \times 10^{-3} (Zn^{+2})$$

8.2.18.1. Optimización Correlacional de las Ecuaciones de Producción
Diaria de Láminas de Zinc - Concentración del Zinc en el -
Electrolito Agotado.-

<u>Ecuaciones Empíricas</u>	<u>Promedio % Error</u>	<u>Colocación</u>
I	1.1525920×10^{-1}	6
II	4.0970536×10^{-1}	10
III	5.7583850×10^{-2}	3
IV	5.1392357×10^{-1}	11
V	1.1535861×10^{-1}	8
VI	1.1513265×10^{-1}	5
VII	5.7513406×10^{-2}	1
VIII	5.7587367×10^{-2}	4
IX	1.1536250×10^{-1}	9
X	-3.69805570	12
XI	5.7577395×10^{-2}	2
XII	1.1534508×10^{-1}	7

La correlación Empírica óptima será entonces :

$$W = 299.0087 \times 1.0008249^{(Z_n^{+2})}$$

8.2.19. PRODUCCION DIARIA DE LAMINAS DE ZINC - (Zn^{+2}) EN LA SOLUCION PURA :

$$I \quad W = 291.91527 + 0.129739 \, Zn^{+2}$$

$$II \quad W = 292.55089 \times 10^{1.7904153 \times 10^{-4} \, Zn^{+2}}$$

$$III \quad W = 215.79359 \, (Zn^{+2})^{0.072897281}$$

$$IV \quad W = 23.739143 \sqrt{(Zn^{+2})}$$

$$V \quad W = 195.2374062 + 23.11684856 \, \ln(Zn^{+2})$$

$$VI \quad W = \frac{(Zn^{+2})}{0.067652123 + 2.795076 \times 10^{-3} (Zn^{+2})}$$

$$VII \quad W = 292.55119 \times 1.0004123 \, (Zn^{+2})$$

$$VIII \quad W = 2.529999543 - \frac{5.676054049}{(Zn^{+2})}$$

$$IX \quad W = 338.1456846 - \frac{4113.072677}{(Zn^{+2})}$$

$$X \quad W = 307.4355428 + 1.336614 \times 10^{-6} (Zn^{+2})^3$$

$$XI \quad \log W = 2.46620144 - 1.7904144 \times 10^{-4} (Zn^{+2})$$

$$XII \quad r = 0.070454808$$

$$XIII \quad W = 303.4750193 + 3.6355138 \times 10^{-4} (Zn^{+2})^2$$

8.2.19.1. Optimización Correlacional de las Ecuaciones de Producción Diaria de Láminas de Zinc - Concentración del Zinc en la Solución pura .-

<u>Ecuación Empírica</u>	<u>Promedio % Error</u>	<u>Colocación</u>
I	1.0726744×10^{-1}	7
II	7.3791051×10^{-2}	6
III	4.9471522×10^{-2}	2
IV	6.7348043×10^{-2}	5
V	1.1537548×10^{-1}	10
VI	1.9829205×10^{-2}	1
VII	5.6851473×10^{-2}	3
VIII	5.7523543×10^{-2}	4
IX	1.1538327×10^{-1}	11
X	1.1518757×10^{-1}	8
XI	-13.4305518	12
XII	1.1536845×10^{-1}	9

La correlación Empírica óptima será entonces :

$$W = \frac{(Zn^{+2})}{0.067652123 + 2.795076 \times 10^{-3}(Zn^{+2})}$$

8.2.20. PRODUCCION DIARIA DE LAMINAS DE ZINC - DENSIDAD DE LA SOLUCION PURA

$$I \quad W = 700.9955119 - 271.0910253 \varphi$$

$$II \quad W = 1098.4505 \times 10^{-0.38113597 \varphi}$$

$$III \quad W = 152.88858 (\varphi)^{2.88618356}$$

$$IV \quad W = 263.47527 \sqrt{(\varphi)}$$

$$V \quad W = 455.3668242 - 397.1803414 \ln(\varphi)$$

$$VI \quad W = \frac{(\varphi)}{-5.770415 \times 10^{-3} + 7.2276728 \times 10^{-3} \varphi}$$

$$VII \quad W = 1098.4607 \times 0.41577769 \varphi$$

$$VIII \quad \text{LOG } W = 1.947406841 + \frac{0.784050975}{\varphi}$$

$$IX \quad W = -85.0610252 + \frac{569.6321573}{\varphi}$$

$$X \quad W = 451.512831 - 47.15001648 (\varphi)^3$$

$$XI \quad \text{LOG } W = 3.040780303 - 0.381135836 (\varphi)$$

$$XII \quad r = -0.3296413880$$

$$XIII \quad W = 510.7117573 - 96.5138416 (\varphi)^2$$

8.2.20.1. Optimización Correlacional de las Ecuaciones de Producción Diaria de Láminas de Zinc - Densidad de la Solución pura .-

<u>Ecuaciones Empíricas</u>	<u>Promedio % Error</u>	<u>Colocación</u>
I	9.6712915×10^{-2}	7
II	$-1.9536200 \times 10^{-1}$	10
III	35.2619354×10^0	12
IV	6.3421082×10^{-2}	6
V	5.0235255×10^{-2}	2
VI	4.9162362×10^{-2}	1
VII	5.1523752×10^{-2}	4
VIII	5.1449582×10^{-2}	3
IX	1.0321882×10^{-1}	8
X	2.0817319×10^{-1}	11
XI	5.1530812×10^{-2}	5
XII	1.033422×10^{-1}	9

La correlación Empírica óptima será entonces :

$$W = \frac{(\varphi)}{-5.770415 \times 10^{-3} + 7.2276728 \times 10^{-3} (\varphi)}$$

8.2.21. PRODUCCION DIARIA DE LAMINAS DE ZINC - ACIDEZ DE ENTRADA

$$I \quad W = 649.3018584 - 1.83065613 \, H^+$$

$$II \quad W = 837.00663 \times 10^{-2.326504 \times 10^{-3} \, H^+}$$

$$III \quad W = 56432.501 \, (H^+)^{-0.99654398}$$

$$IV \quad W = 23.270024 \sqrt{(H^+)^2}$$

$$V \quad W = 1964.830078 - 316.8598668 \, \ln(H^+)$$

$$VI \quad W = \frac{(H^+)}{-0.592415309 + 6.420944 \times 10^{-3} \, H^+}$$

$$VII \quad W = 851.22142 \times 0.99456507 \, (H^+)$$

$$VIII \quad \text{LOG } W = 2.063170507 + \frac{79.36767995}{H^+}$$

$$IX \quad W = -2.921170497 + \frac{58021.56034}{H^+}$$

$$X \quad W = 419.5746189 - 1.719383 \times 10^{-5} \, (H^+)^3$$

$$XI \quad W = 2.930038541 - 2.366775 \times 10^{-3} \, (H^+)$$

$$XII \quad r = -0.292364254$$

$$XIII \quad W = 472.3792462 - 4.723739 \times 10^{-3} \, (H^+)^2$$

8.2.21.1. Optimización correlacional de las Ecuaciones de Producción Diaria de Láminas de Zinc - Acidez de Entrada.-

<u>Ecuaciones Empíricas</u>	<u>Promedio % Error</u>	<u>Colocación</u>
I	1.5429594×10^{-1}	11
II	7.2287647×10^{-2}	6
III	5.3025373×10^{-2}	3
IV	6.3911716×10^{-2}	5
V	1.0614020×10^{-1}	9
VI	1.0625364×10^{-1}	10
VII	5.2980440×10^{-2}	1
VIII	5.3039137×10^{-2}	4
IX	-100.82827610	12
X	1.0610656×10^{-1}	7
XI	5.3011235×10^{-2}	2
XII	1.0611622×10^{-1}	8

La correlación Empírica óptima será entonces :

$$W = 851.22142 \times 0.99456507^{(H^+)}$$

8.2.22. PRODUCCION DIARIA DE LAMINAS DE ZINC - TEMPERATURA DE

ENTRADA :

$$I \quad W = 341.9174077 - 0.9493645 T_e$$

$$II \quad W = 342.62829 \times 10^{-1.296825 \times 10^{-3} T_e}$$

$$III \quad W = 425.20452 T_e^{-0.089859533}$$

$$IV \quad W = 58.749148 \sqrt{T_e}$$

$$V \quad W = 407.0214516 - 27.5127471 \ln(T_e)$$

$$VI \quad W = \frac{T_e}{-7.421312 \times 10^{-3} + 3.4366286 \times 10^{-3} T_e}$$

$$VII \quad W = 342.62838 \times 0.99701839^{(T_e)}$$

$$VIII \quad \text{LOG } W = 2.459652959 + \frac{1.088681462}{T_e}$$

$$IX \quad W = 286.887631 + \frac{796.9894675}{T_e}$$

$$X \quad W = 323.5800786 - 3.763231 \times 10^{-4} (T_e)^3$$

$$XI \quad W = 2.534823387 - 1.29683 \times 10^{-3} (T_e)$$

$$XII \quad r = -0.054680856$$

$$XIII \quad W = 328.1632598 - 0.01637266 (T_e)^2$$

8.2.22.1. Optimización correlacional de las Ecuaciones de Producción Diaria de Láminas de Zinc- Temperatura de Entrada.-

<u>Ecuaciones Empíricas</u>	<u>Promedio % Error</u>	<u>Colocación</u>
I	1.1560939×10^{-1}	10
II	8.2424518×10^{-2}	6
III	5.7619859×10^{-2}	4
IV	6.5552060×10^{-2}	5
V	$1.15595230 \times 10^{-1}$	9
VI	$1.15264620 \times 10^{-1}$	7
VII	$5.76190490 \times 10^{-2}$	3
VIII	$5.76058570 \times 10^{-2}$	1
IX	1.1558167×10^{-1}	8
X	1.1563814×10^{-1}	12
XI	5.7618308×10^{-2}	2
XII	1.1562368×10^{-1}	11

La correlación Empírica óptima será entonces :

$$\text{LOG } W = 2.459652959 + \frac{1.088681462}{(T_e)}$$

8.2.23. PRODUCCION DIARIA DE LAMINAS DE ZINC-DENSIDAD DE ELECTROLITO GASTADO :

$$I \quad W = -604.017133 + 715.5408178 \rho$$

$$II \quad W = 17.590424 \cdot 10^{0.975404174 \rho}$$

$$III \quad W = 152.87693 \rho^{2.8864944}$$

$$IV \quad W = 277.57203 \sqrt{\rho}$$

$$V \quad W = \frac{\rho}{0.011943489 - 6.123889 \times 10^{-3} \rho}$$

$$VI \quad W = 85.00333017 + 919.0642664 (\ln) \rho$$

$$VII \quad W = 17.590795 \times 9.4492431 \rho^9$$

$$VIII \quad \log W = 3.750983241 - \frac{1.609173002}{\rho}$$

$$IX \quad W = 1234.129238 - \frac{1180.463505}{\rho}$$

$$X \quad W = 6.417193957 + 145.6513238 (\rho)^3$$

$$XI \quad \log W = 1.245282546 + 0.975399309 (\rho)$$

$$XII \quad r = 0.469991186$$

$$XIII \quad W = -144.4914311 + 278.5388719 (\rho)^2$$

8.2.23.1. Optimización Correlacional de las Ecuaciones de Producción Diaria de Láminas de Zinc-Densidad de Electrolito - Gastado .-

<u>Ecuaciones Empíricas</u>	<u>Promedio % Error</u>	<u>Colocación</u>
I	9.0732897×10^{-2}	5
II	1.5998353×10^{-1}	10
III	4.2313851×10^{-2}	1
IV	5.3858901×10^{-2}	4
V	1.7522909×10^{-1}	11
VI	1.8143332×10^{-1}	12
VII	4.5533462×10^{-2}	3
VIII	4.5505112×10^{-2}	2
IX	9.0700201×10^{-2}	7
X	1.0115420×10^{-1}	8
XI	$-1.1044080 \times 10^{-1}$	9
XII	9.1787832×10^{-2}	6

La correlación Empírica óptima será entonces :

$$W = 152.87693 \rho^{2.8864944}$$

8.2.24. PRODUCCION DIARIA DE LAMINAS DE ZINC - VOLTAJE :

$$I \quad W = 627.036111 - 0.814955133 V$$

$$II \quad W = 2266.2999 \times 10^{-2.239327 \times 10^{-3} V}$$

$$III \quad W = 36,936.656 \quad V^{-1.962611857}$$

$$IV \quad W = 16.071206 \sqrt{V}$$

$$V \quad W = 3986.78647 - 617.3616879 \ln(V)$$

$$VI \quad W = \frac{V}{-2.398205 + 9.439784 \times 10^{-3} V}$$

$$VII \quad W = 2266.2434 \times 0.99485709^V$$

$$VIII \text{ LOG} \quad W = 1.645435139 + \frac{326.3895523}{V}$$

$$IX \quad W = -305.6074603 + \frac{237,585.0545}{V}$$

$$X \quad W = 522.4395826 - 3.697133 \times 10^{-6} (V)^3$$

$$XI \text{ LOG} \quad W = 3.355314941 - 2.239321 \times 10^{-3} V$$

$$XII \quad r = -0.326814334$$

$$XIII \quad W = 625.3366967 - 2.117535 \times 10^{-3} V^2$$

8.2.24.1. Optimización Correlacional de las Ecuaciones de Producción Diaria de Láminas de Zinc - Voltaje .-

<u>Ecuaciones Empíricas</u>	<u>Promedio % Error</u>	<u>Colocación</u>
I	1.7442613×10^{-1}	11
II	4.6680092×10^{-2}	1
III	-99.8999484×10^0	12
IV	6.1396989×10^{-2}	5
V	1.0341210×10^{-1}	8
VI	1.0375276×10^{-1}	9
VII	5.1393774×10^{-2}	2
VIII	5.1589021×10^{-2}	4
IX	1.1350303×10^{-1}	10
X	1.0338447×10^{-1}	7
XI	5.1531000×10^{-2}	3
XII	1.0332879×10^{-1}	6

La correlación Empírica óptima será entonces :

$$W = 2266.2999 \times 10^{-2.239327 \times 10^{-3}V}$$

8.2.25. PRODUCCION DIARIA DE LAMINAS DE ZINC-ACIDEZ DE SALIDA :

$$I \quad W = 403.4608978 - 0.46071083 \, H^+$$

$$II \quad W = 407.17663 \times 10^{-5.280503 \times 10^{-4} H^+}$$

$$III \quad W = 1224.6567 (H^+)^{-0.258392464}$$

$$IV \quad W = 22.660028 \sqrt{(H^+)}$$

$$V \quad W = \frac{(H^+)}{-0.026724497 + 3.3213365 \times 10^{-3} H^+}$$

$$VI \quad W = 780.5796186 - 88.55513377 \ln (H^+)$$

$$VII \quad W = 407.18033 \times 0.99866063^{(H^+)}$$

$$VIII \quad \text{LOG } W = 2.386026175 + \frac{21.5031169}{H^+}$$

$$IX \quad W = 226.3503083 + \frac{17020.43228}{H^+}$$

$$X \quad W = 344.4262002 - 4.156014 \times 10^{-6} (H^+)^3$$

$$XI \quad \text{LOG } W = 2.609781724 - 5.820444 \times 10^{-4} (H^+)$$

$$XII \quad r = -0.065782744$$

$$XIII \quad W = 359.185399 - 1.198404 \times 10^{-3} (H^+)^2$$

8.2.25.1. Optimización Correlacional de las Ecuaciones de Producción

Diaria de Láminas de Zinc-Acidez de Salida .-

<u>Ecuaciones Empíricas</u>	<u>Promedio % Error</u>	<u>Colocación</u>
I	1.1553316×10^{-1}	10
II	1.6632679×10^{-1}	12
III	5.7626962×10^{-2}	4
IV	5.9343315×10^{-2}	6
V	$-4.1331090 \times 10^{-2}$	1
VI	1.1553149×10^{-1}	8
VII	5.7624943×10^{-2}	2
VIII	5.7626971×10^{-2}	3
IX	1.1553007×10^{-1}	7
X	1.1553534×10^{-1}	9
XI	5.7633038×10^{-2}	5
XII	1.1553861×10^{-1}	11

La correlación Empírica óptima será entonces :

$$W = \frac{(H^+)}{-0.026724497 + 3.3213365 \times 10^{-3} (H^+)}$$

8.2.26 PRODUCCION DIARIA DE LAMINAS DE ZINC-TEMPERATURA DE SALIDA :

$$\text{I} \quad W = 354.5479527 - 1.148906587 T_s$$

$$\text{II} \quad W = 357.62506 \times 10^{-1.608345 \times 10^{-3} T_s}$$

$$\text{III} \quad W = 494.36978 T_s^{-0.127536846}$$

$$\text{IV} \quad W = 53.413577 \sqrt{T_s}$$

$$\text{V} \quad W = 458.6119708 - 40.58437953 \ln(T_s)$$

$$\text{VI} \quad W = \frac{T_s}{-0.015377279 + 3.6212484 \times 10^{-3} T_s}$$

$$\text{VII} \quad W = 357.62505 \times 0.9963035^{T_s}$$

$$\text{VIII LOG} \quad W = 2.43983933 + \frac{2.003794985}{T_s}$$

$$\text{IX} \quad W = 273.3895693 + \frac{1432.013614}{T_s}$$

$$\text{X} \quad W = 327.51742 - 3.066676 \times 10^{-4} (T_s)^3$$

$$\text{XI LOG} \quad W = 2.553428031 - 1.608348 \times 10^{-3} (T_s)$$

$$\text{XII} \quad r = -0.088417459$$

$$\text{XIII} \quad W = 334.2774396 - 0.016265018 T_s^2$$

8.2.26.1. Optimización Correlacional de las Ecuaciones de Producción
Diaria de Láminas de Zinc - Temperatura de Salida . -

<u>Ecuaciones Empíricas</u>	<u>Promedio % Error</u>	<u>Colocación</u>
I	1.1485282×10^{-1}	7
II	1.3093264×10^{-1}	12
III	5.7346104×10^{-2}	3
IV	6.8352468×10^{-2}	5
V	1.1503287×10^{-1}	9
VI	1.1549170×10^{-1}	11
VII	5.7334956×10^{-2}	2
VIII	5.7367192×10^{-2}	4
IX	1.1505477×10^{-1}	10
X	1.1497077×10^{-1}	8
XI	4.9261338×10^{-2}	1
XII	1.0692158×10^{-1}	6

La correlación Empírica óptima será entonces :

$$\text{LOG } W = 2.553428031 - 1.608348 \times 10^{-3} (T_s)$$

8.2.27 PRODUCCION DIARIA DE LAMINAS DE ZINC-EFICIENCIA DE CO-
RRIENTE :

$$I \quad W = 167.3288126 + 1.632296518 \text{ EFF}$$

$$II \quad W = 180.83963 - 10^{2.6570808 \times 10^{-3} \text{ EFF}}$$

$$III \quad W = 26.296571 \text{ EFF}^{0.550875539}$$

$$IV \quad W = 30.150515 \sqrt{\text{EFF}}$$

$$V \quad W = -426.6678447 + 164.5718135 \ln(\text{EFF})$$

$$VI \quad W = \frac{(\text{EFF})}{0.131572 + 1.7235 \times 10^{-3} \text{ EFF}}$$

$$VII \quad W = 180.84013 \times 1.0061369^{(\text{EFF})}$$

$$VIII \text{ LOG} \quad W = 2.738335539 - \frac{21.7702922}{\text{EFF}}$$

$$IX \quad W = 479.3868037 - \frac{14895.76357}{\text{EFF}}$$

$$X \quad W = 259.9623612 + 7.3935677 \times 10^{-5} (\text{EFF})^3$$

$$XI \text{ LOG} \quad W = 2.257294119 + 2.657075 \times 10^{-3} (\text{EFF})$$

$$XII \quad r = 0.140513068$$

$$XIII \quad W = 232.5328367 + 0.010041078 (\text{EFF})^2$$

8.2.27.1. Optimización Correlacional de las Ecuaciones de Producción

Diaria de Láminas de Zinc - Eficiencia de Corriente .-

<u>Ecuaciones Empíricas</u>	<u>Promedio % Error</u>	<u>Colocación</u>
I	2.0295862×10^{-1}	12
II	-0.08329345	6
III	5.6370182×10^{-2}	2
IV	-0.087766053	7
V	1.1338395×10^{-1}	9
VI	9.8913032×10^{-2}	5
VII	9.2115843×10^{-2}	4
VIII	9.2002333×10^{-2}	3
IX	1.2201732×10^{-1}	11
X	1.2157701×10^{-1}	10
XI	5.6356112×10^{-2}	1
XII	1.1335877×10^{-1}	8

La correlación Empírica óptima será entonces :

$$\text{LOG } W = 2.257294119 + 2.657075 \times 10^{-3} (\text{EFF})$$

8.2.28. PRODUCCION DIARIA DE LAMINAS DE ZINC-RESISTIVIDAD DE

SOLUCION :

$$I \quad W = 406.8297124 - 11.75179697 \, r$$

$$II \quad W = 419.74397 - 10^{-0.015988007} \, r$$

$$III \quad W = 552.19623 \, r^{-0.273619049}$$

$$IV \quad W = 112.34978 \sqrt{r}$$

$$V \quad W = 498.9891585 - 89.5098667 \, \ln(r)$$

$$VI \quad W = \frac{r}{8.015821653 - 1.018846255 \, r}$$

$$VII \quad W = 419.74406 \times 0.9638556^r$$

$$VIII \quad \log W = 0.85104405 + \frac{12.90516848}{r}$$

$$IX \quad W = 227.7987673 + \frac{680.8264080}{r}$$

$$X \quad W = 347.158552 - 0.067243744 \, (r)^3$$

$$XI \quad \log W = 2.622984462 - 0.015988005 \, (r)$$

$$XII \quad r = -0.213146376$$

$$XIII \quad W = 362.0769522 - 0.770384605 \, (r)^2$$

8.2.28.1. Optimización correlacional de las ecuaciones de Producción

Diaria de Láminas de Zinc - Resistividad de Solución .-

<u>Ecuaciones Empíricas</u>	<u>Promedio % Error</u>	<u>Colocación</u>
I	1.1078729×10^{-1}	7
II	2.7838564×10^{-2}	2
III	7.0216323×10^{-1}	10
IV	7.3939623×10^{-2}	4
V	1.1071907×10^{-1}	6
VI	- 108.9115932	12
VII	-4.430862×10^{-3}	1
VIII	3.9744106×10^{-1}	11
IX	1.1065534×10^{-1}	5
X	1.1093752×10^{-1}	8
XI	5.5209343×10^{-2}	3
XII	1.1081902×10^{-1}	9

La correlación empírica óptima será entonces :

$$W = 419.74406 \times 0.9638556 \cdot r$$

8.2.29 PRODUCCION DIARIA DE LAMINAS DE ZINC - AMPERAJE :

$$I \quad W = 359.8751463 - 0.86308487 \text{ (AMP)}$$

$$II \quad W = 452.03182 \cdot 10^{-3.005617 \times 10^{-3}} \text{ (AMP)}$$

$$III \quad W = 579.07195 \text{ AMP}^{-0.154229132}$$

$$IV \quad W = 43.476661 \sqrt{\quad} \text{ (AMP)}$$

$$V \quad W = 489.9933215 - 44.29202385 \ln(r)$$

$$VI \quad W = \frac{\text{(AMP)}}{1.4482523 \times 10^{-3} + 3.1511973 \times 10^{-3} \text{ (AMP)}}$$

$$VII \quad W = 366.02724 \times 0.99710651 \text{ (AMP)}$$

$$VIII \quad \text{LOG } W = 2.434336946 + \frac{3.312816098}{\text{(AMP)}}$$

$$IX \quad W = 270.1890186 + \frac{2355.380641}{\text{(AMP)}}$$

$$X \quad W = 330.3551313 - 1.091002 \times 10^{-4} \text{ (AMP)}^3$$

$$XI \quad \text{LOG } W = 2.563514614 - 1.258472 \times 10^{-3} \text{ (AMP)}$$

$$XII \quad r = -0.063537029$$

$$XIII \quad W = 337.3378482 - 8.262003 \times 10^{-3} \text{ (AMP)}^2$$

8.2.29.1. Optimización correlacional de las ecuaciones de Producción

Diaria de Láminas de Zinc - Amperaje .-

<u>Ecuaciones Empíricas</u>	<u>Promedio % Error</u>	<u>Colocación</u>
I	1.1542802×10^{-1}	10
II	9.0947003×10^{-2}	6
III	5.7487493×10^{-2}	4
IV	6.0223067×10^{-2}	5
V	1.1540971×10^{-1}	9
VI	7.6314285×10^{-2}	7
VII	5.7519685×10^{-2}	3
VIII	5.7469392×10^{-2}	1
IX	4.3165070×10^{-1}	12
X	1.1546573×10^{-1}	11
XI	5.7511732×10^{-2}	2
XII	1.1476298×10^{-1}	8

La correlación empírica óptima será entonces :

$$\text{LOG W} = 2.434336946 + \frac{3.312816098}{(\text{AMP})}$$

8.2.30 PRODUCCION DIARIA DE LAMINAS DE ZINC - DENSIDAD DE
CORRIENTE :

$$I \quad W = 285.0731445 + 0.070390202 \text{ DC}$$

$$II \quad W = 286.45122 \cdot 10^{9.6397587 \times 10^{-5} \text{ DC}}$$

$$III \quad W = 187.59453 \text{ DC}^{0.085520137}$$

$$IV \quad W = 15.351477 \sqrt{\text{DC}}$$

$$V \quad W = 130.0838138 + 30.55288393 \ln(\text{DC})$$

$$VI \quad W = \frac{\text{DC}}{0.156336791 + 2.8051643 \times 10^{-3} \text{ DC}}$$

$$VII \quad W = 284.48792 \times 1.0002372^{\text{DC}}$$

$$VIII \quad \text{LOG } W = 2.540397892 - \frac{17.99048809}{\text{DC}}$$

$$IX \quad W = 346.1519642 - \frac{13,226.46309}{\text{DC}}$$

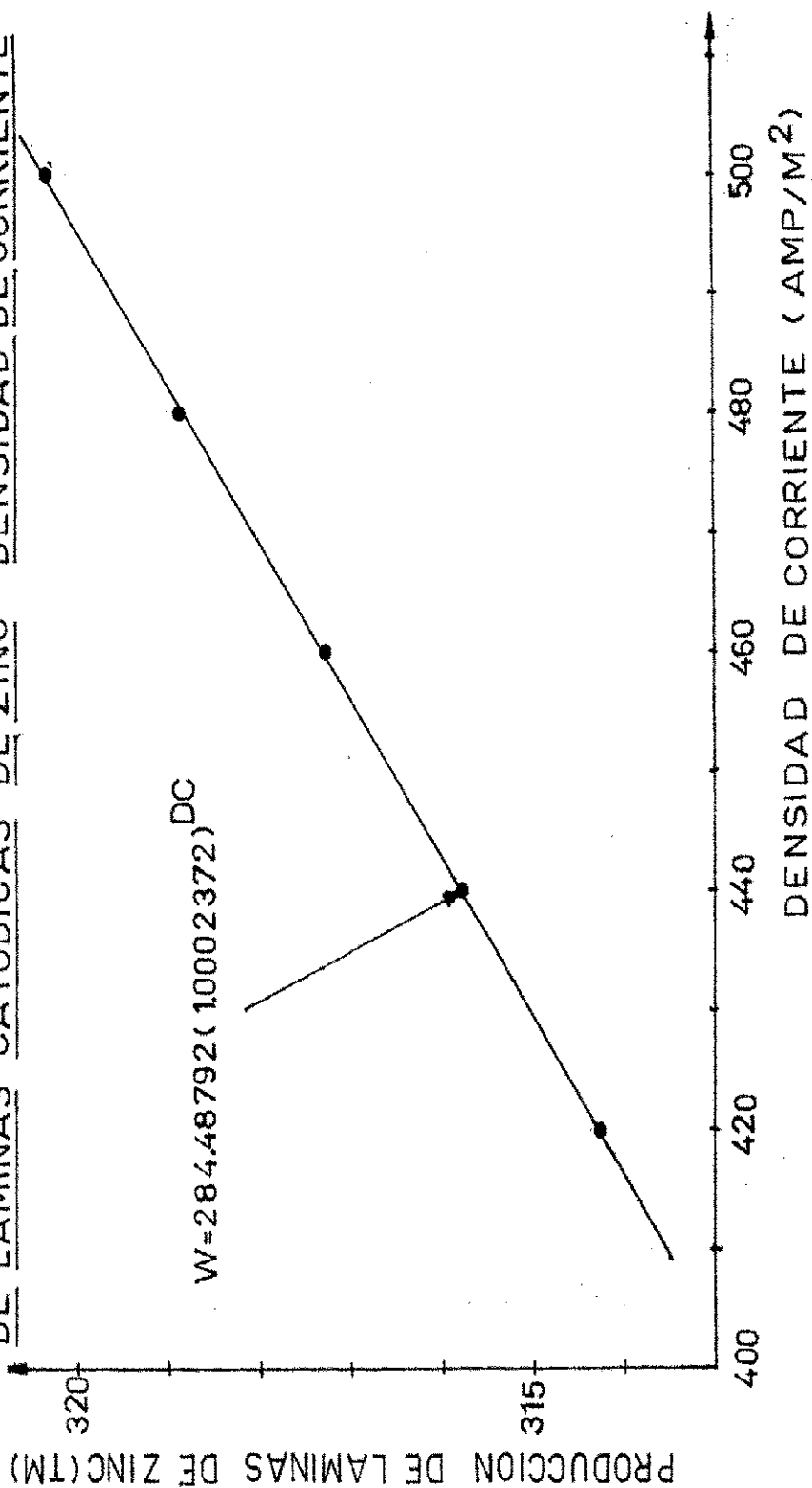
$$X \quad W = 305.324621 + 1.2524946 \times 10^{-7} (\text{DC})^3$$

$$XI \quad \text{LOG } W = 2.457050719 + 9.6397472 \times 10^{-5} (\text{DC})$$

$$XII \quad W = -2.94238028 + 1.7896609 \times 10^{-3} (\text{DC})^2$$

$$XIII \quad r = 0.077327868$$

CORRELACION EMPIRICA OPTIMA: PRODUCCION DIARIA
DE LAMINAS CATODICAS DE ZINC - DENSIDAD DE CORRIENTE



8.2.30.1. Optimización correlacional de las ecuaciones de Producción

Diaria de Láminas de Zinc - Densidad de Corriente . -

<u>Ecuaciones Empíricas</u>	<u>Promedio % Error</u>	<u>Colocación</u>
I	1.2004376×10^{-1}	8
II	2.231855×10^{-1}	12
III	5.7533172×10^{-2}	4
IV	2.0948574×10^{-1}	11
V	1.1534481×10^{-1}	7
VI	1.4595712×10^{-1}	10
VII	9.5719387×10^{-3}	1
VIII	5.7031718×10^{-2}	2
IX	1.2177534×10^{-1}	9
X	1.1512448×10^{-1}	6
XI	5.746062×10^{-2}	3
XII	9.934525×10^{-2}	5

La correlación empírica óptima será entonces :

$$W = 284.48792 \times 1.0002372^{DC}$$

9.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.0.1. CONCLUSIONES :

- 1.- Se logra comprender e interpretar en su verdadera dimensión el proceso electrolítico del Zinc.
- 2.- Se postulan funciones de transferencia de predicción Histórica en números 47 fundamentales para comprender la evolución operativa del proceso electrolítico.
- 3.- Se postulan Correlaciones Empíricas muy escasas en la Bibliografía en lo que a Zinc se refiere, en cifras unas 371 factibles de describirnos los parámetros gravitantes en Casa de Celdas.
- 4.- Se Optimizan las Correlaciones Empíricas para proponerlas como las que más se acercan a la exactitud e interpretación del Proceso del Zinc Electrolítico, en cifras unas 30.
- 5.- Se plantean 23 Diagramas de flujo que orientan en describir las rutas operativas a seguir, de gran valía para la formulación de los programas computacionales ; siendo inéditos y propuestos para comprender mejor el proceso electrolítico del Zinc.
- 6.- Se construyeron 56 gráficos inéditos para propósitos de visualización del proceso y llamados a ser básicos en el control operacional del Proceso Electrolítico.
- 7.- Se programaron 22 listados computacionales inéditos para describir los parámetros gravitantes, correlaciones empíricas y el Plan Maestro de Optimización.
- 8.- Se diseñó la Estrategia Computarizada en un Software Electrolítico que será de gran valía para Minero Perú, para el control operacional de Casa de Celdas-Refinería Cajamarquilla.
- 9.- Se demuestra a lo largo del trabajo la gran valía del computador para los cálculos, optimización de centenas de datos, que rápidamente son procesados.

- 10.- Se Presenta un Programa denominado Plan Maestro de Optimización Computarizada de los Parámetros Gravitantes en la Electrodeposición del Zinc, muy novedoso, llamado a ser la piedra angular de Casa de Celdas, pues controla óptimamente las variables básicas y a la vez diagnóstica las condiciones operativas.
- 11.- Es remarcable la descripción particular con que se examina cada parámetro electrolítico, dándonos una pauta y situándonos - en toda una realidad de la Praxis del proceso electrolítico del Zinc.
- 12.- Se demuestra con creces la necesidad de incorporar los alcances Computacionales a la Hidrometalurgia y Electrometalurgia del Zinc, para optimizar el proceso y trabajar al compás de los últimos adelantos, con que hoyse cuenta.
- 13.- Los valores aquí tratados son reales y fueron registrados durante mis prácticas preprofesionales en la Refinería de Zinc Electrolítico de Cajamarquilla, como lo atestigua el certificado - que está aparejado adelante.
- 14.- El trabajo tiene su apoyo en mayor porcentaje en la praxis que juntamente con un tratamiento analítico vienen a describirnos y mostrarnos los misterios que encierra el proceso Electrolítico del ZINC, y llamada a ser una guía básica para el estudioso - que desea saber y comprender dicho proceso.

9.0.2. RECOMENDACIONES :

- 1.- El presente trabajo es una excelente pauta para la generación en cadena de otros estudios de optimización particulares en el proceso electrolítico del Zinc.
- 2.- El uso de las funciones de transferencia de predicción histórica - para analizar la Evolución Operativa, ya que ellas son a partir del arranque de planta.
- 3.- El uso de las correlaciones empíricas para conocer diversas condiciones operacionales al fluctuar un parámetro, naturalmente - podrán actualizarse y ajustarse mejor, pero con la salvedad que ellas fueron obtenidas para condiciones favorables de operación - años 1981 - 1982.
- 4.- El empleo de las correlaciones óptimas que describen mas cerca namente al proceso, su difusión debe ser tal que la conozcan - circuladores, panelistas y los supervisores de planta para que - puedan saber sobre que niveles deben estar los parámetros para ciertas condiciones de operación que imponga la Jefatura.
- 5.- El empleo de los diagramas de flujo para poder entender el proceso en sí, esta parte es la vital en lo que a computación se - refiere, ya que ahí están las pautas a seguir para la implanta- ción de un Sistema Computarizado en la Refinería Cajamarqui- lla, específicamente en Casa de Celdas.
- 6.- Los gráficos deben usarse para el planeamiento de operaciones y por tal razón sugiero su uso a la Jefatura de Electrodeposición y como también la Superintendencia de Producción.
- 7.- El uso de los listados computacionales que están listos para en- trar a tallar cuando se imponga una política computarizada en Casa de Celdas.

- 8.- El acondicionamiento de Sábanas Electrolíticas que registren todas las mediciones sin escapar ninguna, muy apropiada para poder alimentar el computador de un modo ordenado y sistemati - zado.
- 9.- El empleo de Terminales de computadoras en todas las secciones con la central en la Capital, para que de esta forma se esté - trabajando mas óptimamente y en concordancia con los adelan - tos actuales, naturalmente habrá un beneficio para la política - de Minero Perú.
- 10.- La utilización del Plan Maestro de Optimización Computarizada pues ella sintetiza los cálculos operacionales que diariamente se efectuan en Casa de Celdas.
- 11.- Inspirados en la presente, es menester hacer un estudio detalla - do de los parámetros en forma individual, hacer cartillas de su evolución histórica real para hacer correcciones a su debido - tiempo.
- 12.- También se debe destacar que la presente servirá de piedra angular para trabajos posteriores de diseño de plantas electrolíti - cas de Zinc, naturalmente usando la tecnología Nacional que hoy recién despunta.
- 13.- La puesta en marcha de varias soluciones aquí esbozadas, pues la meta primordial será la de trazar un agresivo Programa de - Optimización no sólo en Casa de Celdas, sino en toda la Refi - nería, justificado con el lanzamiento de un Zinc de excelen - tes características y un creciente ahorro de divisas.
- 14.- Los alcances y limitaciones de la presente se verán compensa - dos con un espíritu investigativo que el estudioso de esta mate - ria imponga para conocer mas los misterios que entraña el pro - ceso electrolítico.

10.0. BIBLIOGRAFIA Y APENDICE .-

10.0.1. BIBLIOGRAFIA :

- 1.- "Using the Computer to Solve Petroleum Engineering Problems"
M.A. Nobles Gulf Publishing Company Book Division 1974.
Houston - Texas.
- 2.- "Hidrometalurgia de Metales comunes"
George D/Van Arsdales. Unión Tipográfica Editorial Hispano-
Americana (UTEHA) 1965.
México.
- 3.- "Cubicación de Tanques en la sección 7° de la Refinería Caja-
marquilla"
Daniel F. Lovera Dávila 1982.
- 4.- "Informes Técnicos"
Manuel Hiroyasu V. Superintendencia de Producción 1982.
Minero Perú - Refinería Cajamarquilla.
- 5.- "Manual de Planta U.P. Refinería Cajamarquilla "
División 7° 1980. Minero Perú.
- 6.- "Métodos de Optimización Programación Lineal Gráficas"
Francisco J. Jauffred M. , Albert Moreno Bonett, y J. Jesús
Acosta - Representaciones y Servicios de Ingeniería S.A. -
México 1976.
- 7.- "Operaciones de la mina Casapalca "
Centromin Perú - División Casapalca.
1981.

- 8.- "Aplicaciones de Computación a Problemas de Ingeniería "
Rafael Arechiga G. Limusa 1979
México.

- 9.- "Como construir las Gráficas"
G.E. Shilov Editorial Mir Moscú 1978.

- 10.- "Estadística".
Moisés Ayona León. Editorial Gráfica 30 1979
Lima.

- 11.- "Planificación y Control de Operaciones".
José Mize / White Brooks. Editorial Prentice Hall Internacional
1978 .
E.E.U.U.

- 12.- "Propiedades de los Gases y Líquidos "
Robert Reid y Thomas Sherwood I Edición Española Centro -
Regional de ayuda Técnica -
México 1968.

- 13.- "Estadística"
Murray R. Spiegel. Libros McGraw - Hill 1971
México.

- 14.- "Principios de Electroquímica Experimental y Teórica"
Malcolm Dole Editorial Alhambra 1952

- 15.- "Oxidación Potenciales "
Wendell Latimer Prentice - Hall. INC 1964

- 16.- "Electrolytic Dissociation "
C.B. Monk - Academic Press, London and New York 1961

- 17.- "Electrolytic Conductance "
Raymond Fouss and Filippo Accascina. Interscience Publishers
INC New York 1959.

- 18.- "Modern Electroanalytical Methods"
G. Charlot Elsevier Publishing Company 1958

- 19.- "Electroanalytical Chemistry "
James J. Lingane - Interscience Publishers INC New York
1953.

- 20.- "Electroquímica Moderna "
J.O.M. Bockris and A.K.M. Reddy - Editorial Reverte S.A.
1973 Tomo I

- 21.- "Manual de Proyectos de Desarrollo Económico "
Estudios preparados por el Programa Cepal/AAT
Naciones Unidas.
México D.F. Diciembre 1958.

- 22.- "Metalurgia Extractiva de los metales No Ferrosos "
John L. Bray - John Willey
New York 1967.

- 23.- "Metalurgia General "
Guillermo Tantalean Vanini - Dirección Universitaria de
Biblioteca y Publicaciones - Pabellón Química , Ciudad-
Universitaria.
Lima - PERU
Doceava Edición 1977.

- 24.- "Ingeniería Metalúrgica"
Reinhardt Schuhmann Jr. - Centro Regional de Ayuda Técnica -
Agencia para el Desarrollo Internacional (AID)
México 1968 - Tomo I.

- 25.- "Programación Lineal"
Hector Espinoza Berriel
Editorial Pax-México, Librería Carlos Cesarman S.A.
México 1980.

10.0.2. APENDICE :

1°	Diagrama de Flujo Extractivo.....	Pag. 012
2°	Gráfico : Ley del Zinc (%) - Producción ...	Pag. 014
3°	Gráfico : Función de Transferencia de Predicción Histórica de la Ley del Zinc	Pag. 016
4°	Gráfico : Función de Transferencia de Predicción Histórica de la Ley del Zinc	Pag. 017
5°	Diagrama de Flujo de la Hidrometalurgia del Zinc - metálico	Pag. 020
6°	Gráfico : Producción Nacional de Exportación del Zinc	Pag. 037
7°	Gráfico : Precio de Exportación del Zinc	Pag. 040
8°	Gráfico : Valores FOB Millones de U\$\$	Pag. 043
9°	Gráfico : Función de Transferencia de Predicción de la densidad de Corriente	Pag. 049
10°	Gráfico : Función de Transferencia de Predicción de la producción de Láminas Catódicas	Pag. 052
11°	Gráfico : Funciones de Transferencia de Predicción de la Eficiencia de Corriente	Pag. 055
12°	Gráfico : Función de Transferencia de Predicción de los Reactivos de Adición	Pag. 057
13°	Gráfico : Función de Transferencia de Predicción Histórica del Voltaje	Pag. 060
14°	Gráfico : Funciones de Transferencia de Predicción Histórica del Voltaje	Pag. 062
15°	Gráfico : Funciones de Transferencia de Predicción de la Densidad de Electrolito	Pag. 064
16°	Gráfico : Funciones de Transferencia de Predicción Histórica de la Acidez del Electrolito	Pag. 069

17°	Gráfico : Función de Transferencia de Predicción Histórica de la Temperatura del Electrolito	Pag. 071
18°	Gráfico : Función de Transferencia de Predicción Histórica del Consumo de Energía	Pag. 074
19°	Gráfica : Funciones de Transferencia de Predicción Histórica de las Impurezas del Electrolito.....	Pag. 077
20°	Gráfico : Función de Transferencia de Predicción Histórica de las Impurezas de la Solución Pura.....	Pag. 080
21°	Gráfico : Función de Transferencia de Predicción Histórica del Amperaje.....	Pag. 082
22°	Gráfico : Función de Transferencia de Predicción Histórica Espesor Catódico del Zinc	Pag. 086
23°	Gráfico : Función de Transferencia de Predicción Histórica del Tiempo de Cosecha	Pag. 089
24°	Gráfico : Función de Transferencia de Predicción Histórica de la Concentración de Corriente	Pag. 091
25°	Gráfico : Función de Transferencia de Predicción Histórica de la Resistividad del Electrolito	Pag. 094
26°	Gráfico : Función de Transferencia de Predicción Histórica del Flujo de Solución Pura	Pag. 097
27°	Gráfico : Función de Transferencia de Predicción Histórica de los Cortocircuitos y/o Pérdidas	Pag. 100
28°	Gráfico : Volúmenes de Tanques en Función de sus Alturas	Pag. 105
29°	Gráfico : Correlación Empírica Óptima de la Pro- ducción Mensual de Láminas Catódicas de Zinc- Eficiencia de Corriente	Pag. 221

.///

30°	Gráfico : Correlación Empírica Optima de la Producción Mensual de Láminas Catódicas de Zinc - Voltaje	Pag. 224
31°	Gráfica : Producción Empírica Optima : Producción Mensual de Láminas Catódicas de Zinc-Consumo de Energía	Pag. 227
32°	Gráfico : Correlación Empírica Optima : Producción Mensual de Láminas Catódicas de Zinc - Densidad de Corriente	Pag. 230
33°	Gráfico : Correlación Empírica Optima : Producción Mensual de Láminas Catódicas de Zinc - Concentración de Corriente	Pag. 233
34°	Gráfico : Correlación Empírica Optima : Producción Mensual de Láminas de Zinc - Concentración Kiloamperaje	Pag. 236
35°	Gráfico : Correlación Empírica Optima ; Producción Mensual de Láminas Catódicas de Zinc-Gelatina.....	Pag. 239
36°	Gráfico : Correlación Empírica Optima : Producción Mensual de Láminas Catódicas de Zinc - Regaliz	Pag. 242
37°	Gráfico : Correlación Empírica Optima : Producción Mensual de Láminas Catódicas de Zinc - Silicato de Sodio	Pag. 245
38°	Gráfico : Correlación Empírica Optima : Producción Mensual de Láminas Catódicas de Zinc - Carbonato de Estroncio	Pag. 248
39°	Gráfico : Correlación Empírica Optima : Producción Diaria de Láminas Catódicas de Zinc - Reactivos de Adición	Pag. 251

.////

- 40° Gráfico : Correlación Empírica Optima : Producción
Diaria de Láminas Catódicas de Zinc - Gelatina..... Pag. 254
- 41° Gráfico : Correlación Empírica Optima : Producción
Diaria de Láminas Catódicas de Zinc - Reactivos de
Adición - Regaliz Pag. 257
- 42° Gráfico : Correlación Empírica Optima : Producción
Diaria de Láminas Catódicas de Zinc - Silicato de
Sodio Pag. 260
- 43° Gráfico : Correlación Empírica Optima : Producción
Mensual de Láminas Catódicas de Zinc - Carbonato
de Estroncio Pag. 263
- 44° Gráfico : Correlación Empírica Optima : Producción
de Láminas Catódicas Diarias de Zinc - Reacción de
Adición Pag. 266
- 45° Gráfico : Correlación Empírica Optima : Producción
Diaria de Láminas Catódicas de Zinc - Espesor Catódico Pag. 269
- 46° Gráfico : Correlación Empírica Optima : Producción
Diaria de Láminas Catódicas de Zinc - Concentración
del Zinc en el Electrolito Pag. 272
- 47° Gráfico : Correlación Empírica Optima : Producción
Diaria de Láminas Catódicas de Zinc - Concentración
del Zinc en la Solución Pura Pag. 275
- 48° Gráfico : Producción Diaria de Láminas de Zinc - Den-
sidad de Solución Pura Correlación Empírica Optima ... Pag. 278
- 49° Gráfico : Correlación Empírica Optima : Producción
Diaria de Láminas Catódicas de Zinc - Acidez del
Electrolito de Entrada Pag. 281

- 50° Gráfico : Correlación Empírica Optima : Producción
Diaria de Láminas Catódicas de Zinc - Temperatura
de Entrada a Circuito Pag. 284
- 51° Gráfico : Correlación Empírica Optima : Producción
Diaria de Láminas Catódicas de Zinc - Densidad de
Electrolito gastado..... Pag. 287
- 52° Gráfico : Correlación Empírica Optima : Producción
Diaria de Láminas Catódicas de Zinc - Voltaje(V) Pag. 290
- 53° Gráfico : Correlación Empírica Optima : Producción
Diaria de Láminas Catódicas de Zinc - Acidez de
Salida de Circuito Pag. 293
- 54° Gráfico : Correlación Empírica Optima : Producción
Diaria de Láminas Catódicas de Zinc - Temperatura
de Salida de Electrolito Pag. 296
- 55° Gráfico : Correlación Empírica Optima : Producción
Diaria de Láminas Catódicas de Zinc - Eficiencia de
Corriente Pag. 299.